

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA  
DEPARTAMENTO DE ORGANIZACIÓN DE EMPRESAS



INFLUENCIA DE LA COMPLEJIDAD Y  
LA INCERTIDUMBRE SOBRE EL  
PROBLEMA DE PROGRAMACIÓN DEL  
LOTE ECONÓMICO

---

TESIS DOCTORAL

PRESENTADA POR:

D. Raúl Cortés Fibla

DIRIGIDA POR:

Dr. D. José Pedro García Sabater

Dra. D<sup>a</sup>. Pilar Isabel Vidal Carreras

VALENCIA, NOVIEMBRE 2015



# Resumen

El problema de programación del lote económico consiste en la programación de la producción de varios artículos diferentes en una única máquina en la que sólo un artículo puede ser producido en cada momento. Este problema es conocido en la literatura por el acrónimo de su descripción en inglés: ELSP (*Economic Lot Scheduling Problem*). Según esta definición, el ELSP supone una extensión a varios productos del clásico problema del lote económico de pedido, cuyo análisis fue originalmente abordado en el modelo de Harris (1913) y su conocida fórmula del lote económico. Existen múltiples aproximaciones al modelado y la resolución del ELSP. Sin embargo, la mayoría de los trabajos se centran en la evaluación y optimización de reglas de decisión para resolver el problema, sin abordar una comparación entre diferentes reglas con respecto a su comportamiento (Winands et al. 2011). Es muy poco probable que existan reglas de decisión que superen a todas las demás en cualquier situación, independientemente del entorno productivo.

A partir de esta observación, el objetivo de esta tesis es realizar un estudio mediante simulación para comparar el comportamiento de diferentes heurísticas diseñadas para el ELSP. Por medio de este estudio se pretende demostrar que la validez de las heurísticas, diseñadas a partir de una aproximación particular al problema, es función del entorno productivo en el que se emplean. Para ello, se aborda un análisis de simulación que permite evaluar el rendimiento de diez diferentes reglas heurísticas de decisión, bajo diferentes condiciones de trabajo. Esas diferentes condiciones de trabajo se plantean desde la perspectiva de la complejidad e incertidumbre del escenario de producción considerado. Este enfoque considera para ello un conjunto de *drivers* de complejidad (número de artículos y homogeneidad respecto a diferentes características de los productos) y *drivers* de incertidumbre (variabilidad de la demanda) que definen el entorno productivo.

Los resultados del estudio confirman que el rendimiento de las heurísticas diseñadas para el ELSP es fuertemente dependiente de las condiciones de complejidad e incertidumbre del escenario en el que se aplican. Se trata de una conclusión muy relevante para la aplicabilidad de los algoritmos de decisión en entornos industriales. Esta conclusión implica que modificaciones sobre las características particulares de los artículos, o sobre el propio mix de productos, condicionan el rendimiento de las reglas empleadas, aún cuando los cambios no modifican la carga de trabajo total de la planta.





# Resum

El problema de programació del lot econòmic consisteix en la programació de la producció de diversos productes diferents en una única màquina en què només un producte pot ser produït en cada moment. Aquest problema és conegut en la literatura per l'acrònim de la seva descripció en anglès: ELSP (*Economic Lot Scheduling Problem*). Segons aquesta definició, el ELSP suposa una extensió a diversos productes del clàssic problema del lot econòmic de comanda, l'anàlisi del qual va ser originalment abordat en el model de Harris (1913) i la seva coneguda fórmula del lot econòmic. Hi ha múltiples aproximacions al modelatge i la resolució del ELSP. No obstant això, la majoria dels treballs es centren en l'avaluació i optimització de regles de decisió per a la resolució del problema, sense abordar una comparació entre diferents regles pel que fa al seu comportament (Winands et al. 2011). És molt poc probable que hi hagi regles de decisió que superin a totes les altres en qualsevol situació, independentment de l'entorn productiu.

A partir d'aquesta observació, l'objectiu d'aquesta tesi és realitzar un estudi mitjançant simulació per comparar el rendiment de diferents heurístiques dissenyades per al ELSP. Per mitjà d'aquest estudi es pretén demostrar que la validesa de les heurístiques, dissenyades a partir d'una aproximació particular al problema, és funció de l'entorn productiu en què es fan servir. Amb aquest objectiu, s'aborda una anàlisi de simulació que permet avaluar el rendiment de deu diferents regles heurístiques de decisió, sota diferents condicions de treball. Aquestes diferents condicions de treball es plantegen des de la perspectiva de la complexitat i incertesa de l'escenari de producció considerat. Aquest plantejament considera per això un conjunt de *drivers* de complexitat (nombre d'articles i homogeneïtat respecte a diferents característiques dels productes) i *drivers* d'incertesa (variabilitat de la demanda) que defineixen l'entorn productiu.

Els resultats de l'estudi confirmen que el rendiment de les heurístiques dissenyades per al ELSP és fortament depenent de les condicions de complexitat i incertesa de l'escenari en el qual s'apliquen. Es tracta de una conclusió força rellevant per a l'aplicabilitat dels algoritmes de decisió en entorns industrials. Aquesta conclusió implica que modificacions sobre les característiques particulars dels articles, o sobre el propi mix de productes, condicionen el rendiment de les regles emprades, tot i que els canvis no modifiquin la càrrega de treball total de la planta.



# Abstract

The economic lot scheduling problem (ELSP) focuses on accommodating cyclical production patterns of several items on a single facility where only one product can be produced at a time. In this way, the ELSP is an extension to various products of the classic economic order quantity problem, whose analysis was originally addressed by Harris (1913) and his famous EOQ formula. There are multiple approaches to the resolution and modeling of the ELSP. However, most papers focus on the evaluation or optimization of a single class of policies without distinct comparison with other strategies (Winands et al. 2011). It is very unlikely that a certain policy will outperform the competing strategies in each production environment.

As a result of this, the objective of this thesis is to conduct a simulation study to compare the performance of different heuristics designed for ELSP. The aim of this study is to prove that the effectiveness of a heuristic procedure, designed from a particular approach to the problem, is heavily dependent on the productive environment in which it is used. Therefore, a simulation study to analyze the performance of ten different heuristic rules under different working conditions is addressed. These different working conditions are considered from the perspective of the complexity and uncertainty of production scenario. Thus, a set of *drivers* of complexity (number of items and homogeneity regarding different features of the products) and *drivers* of uncertainty (Uncertainty in demand) that define the productive environment are considered.

The results of the study confirm that the performance of the heuristics designed for ELSP is strongly dependent upon the conditions of complexity and uncertainty of the scenario in which they are used. This result is notably relevant to the applicability of the decision algorithms in industrial environments. This conclusion implies that changes on the particular characteristics of the articles, or on the product mix itself, will determine the performance of the rules used, even if the changes do not alter the overall workload of the plant.



# Agradecimientos

Durante el tiempo que he trabajado en esta tesis doctoral, he leído un buen número de tesis de otros autores. Es curioso. Siempre he empezado leyendo los agradecimientos. Creo que en un documento tan formal y estructurado como es una tesis, éste es el único espacio en el que el doctorando tiene la oportunidad de mostrarse tal como es. Supongo que es el respeto y la admiración por el trabajo de esos doctores lo que me lleva a querer conocer un poco más de ellos antes de empezar. Nunca he estado seguro de si conseguiría llegar a escribir los míos por lo que ello implicaba. Por eso, tengo que empezar dando gracias a Dios por haberme dado la fuerza para conseguirlo.

Por supuesto quiero dar las gracias a mis directores. En primer lugar a Josepe. Esta tesis nace de una de sus múltiples inquietudes y es, por eso, fundamentalmente suya. He tenido la suerte de compartir con él tiempo de trabajo y amistad, y ha sido siempre una fuente de estímulo y motivación. Su forma de entender su trabajo debería ser un ejemplo para muchos. Con más Josepes, La Universidad se acercaría más a la institución que a todos nos gustaría, pero que a menudo echamos de menos. También quiero agradecer a Pilar su disposición a ayudar y apoyo constante. Desde que ella llegó, esta tesis tomó forma definitivamente. Sin su consejo, probablemente todavía andaría buceando entre experimentos y artículos científicos.

Gracias también a Pablo por su ayuda con SIMIO y a Joan por ayudarme a refinar la programación de los algoritmos en C#. Sin ellos, completar la experimentación me habría llevado un par de lustros más, como poco. Al resto de compañeros del DOE y el grupo ROGLE, por su sincero interés y apoyo.

A Miguel, Luís, Marcos, Javi y David (¡gracias por salvar mi ordenador!), que conocen lo mismo de esta tesis y del ELSP que de la secuencia el genoma humano, pero que siempre están ahí.

Y por supuesto tengo que agradecer todo a mi familia. A mis padres, por mostrarme el camino e inculcarme el respeto por el estudio y por el trabajo. A mis hermanos, por su paciencia y su grandísima generosidad al permitirme compaginar esta tesis con nuestro trabajo común. Y a quien más tiempo he robado con esta tesis. A mis niñas, con las que tengo una deuda de tiempo muy difícil de pagar y a Bea. Por Bea me acerqué de nuevo a la universidad y por Bea empecé mis estudios de doctorado sin saber dónde iba a acabar. Ella es quien más me ha enseñado, y de quien he reaprendido casi todo. Pero sobre todo, es quien me ha enseñado que entregarse a los demás sin pedir nada a cambio es la mejor manera de empezar cada día. GRACIAS.



“The solution to a problem  
changes the nature of the problem”

John Peers





# Índice de Contenido

<b>Índice de Contenido</b> .....	<b>i</b>
<b>Índice de Figuras</b> .....	<b>iii</b>
<b>Capítulo 1 Introducción</b> .....	<b>1</b>
1.1 Presentación .....	1
1.2 Objetivos de la tesis .....	2
1.3 Esquema general .....	2
<b>Capítulo 2 Estado del arte</b> .....	<b>5</b>
2.1 Introducción .....	5
2.2 El modelo del lote económico EOQ .....	6
2.3 El problema de programación del lote económico: ELSP .....	7
2.3.1 Aproximaciones para la determinación del tiempo de ciclo .....	8
2.3.2 Variantes del problema original .....	12
2.3.3 Consideración de demanda estocástica: El SELSP .....	16
2.3.4 Reglas heurísticas y Simulación .....	17
2.4 La complejidad en la cadena de suministro .....	20
2.5 Conclusiones .....	22
<b>Capítulo 3 Modelado del SELSP</b> .....	<b>23</b>
3.1 Introducción .....	23
3.2 Notación .....	23
3.3 Modelo general .....	24
3.3.1 Características particulares del problema considerado .....	25
3.3.2 Desarrollo del modelo .....	26
3.4 <i>Drivers</i> de complejidad e incertidumbre en el modelo .....	36
3.4.1 Número de artículos .....	36
3.4.2 Homogeneidad de las características de los artículos .....	38
3.4.3 Dimensionalidad. Homogeneidad del ratio de utilización $\rho_i$ .....	39
3.4.4 Variabilidad de la demanda .....	40
3.5 Presentación de las heurísticas .....	41
3.6 Elementos comunes en las heurísticas .....	42
3.6.1 Definición del tiempo de ciclo y el tamaño de lote .....	42
3.6.2 Definición de la secuencia de producción .....	44
3.6.3 Stock de seguridad .....	49
3.7 Conclusiones .....	50
<b>Capítulo 4 Descripción de las heurísticas</b> .....	<b>51</b>
4.1 Introducción .....	51
4.2 Esquema general de las heurísticas .....	51
4.3 Heurísticas de punto de pedido (s, Q) .....	53
4.4 Variante preemptive de heurísticas de punto de pedido (s, Q) .....	55
4.5 Heurísticas de revisión periódica (T, S) .....	56
4.6 Heurística Heur7 (Vergin & Lee) .....	58
4.7 Heurística Heur8 (Fransoo) .....	59
4.8 Heurística Heur9 (Leachman & Gascon) .....	60
4.9 Heurística Heur10 (Leven & Segersted) .....	62
4.10 Conclusiones .....	64
<b>Capítulo 5 Descripción de la experimentación</b> .....	<b>67</b>
5.1 Introducción .....	67
5.2 Objetivo de los experimentos .....	67
5.3 El modelo de simulación .....	68
5.4 Características de los experimentos .....	70

5.4.1 Conjuntos de datos (Data sets) .....	70
5.4.2 Características del entorno de producción del experimento.....	78
5.4.3 Parámetros de la simulación .....	80
5.4.4 Resumen de los experimentos .....	81
<b>5.5 Medidas de rendimiento de los experimentos .....</b>	<b>84</b>
5.5.1 Estabilidad del tiempo de ciclo .....	84
5.5.2 N° de <i>setups</i> .....	85
5.5.3 Inventario medio .....	85
5.5.4 Estabilidad de la secuencia prevista.....	85
5.5.5 Coste Total.....	88
<b>5.6 Conclusiones .....</b>	<b>89</b>
<b>Capítulo 6 Resultados del estudio de simulación .....</b>	<b>91</b>
<b>6.1 Introducción.....</b>	<b>91</b>
<b>6.2 Driver Ratio de utilización <math>\rho</math> .....</b>	<b>91</b>
6.2.1 Análisis estadístico de los resultados.....	92
6.2.2 Comportamiento de los costes totales .....	93
6.2.3 Estabilidad de la secuencia .....	99
6.2.4 Estabilidad de indicadores por artículo .....	105
6.2.5 Efecto de la característica preemptive.....	117
<b>6.3 Driver Número de Ítems.....</b>	<b>119</b>
6.3.1 Análisis estadístico de los resultados.....	120
6.3.2 Comportamiento de los costes totales .....	122
6.3.3 Estabilidad de la secuencia .....	127
<b>6.4 Driver Homogeneidad de la demanda .....</b>	<b>130</b>
6.4.1 Análisis estadístico de los resultados.....	130
6.4.2 Comportamiento de los costes totales .....	132
6.4.3 Estabilidad de la secuencia .....	137
<b>6.5 Driver Dimensionalidad del Data set.....</b>	<b>142</b>
6.5.1 Análisis estadístico de los resultados.....	142
6.5.2 Comportamiento de los costes totales .....	144
6.5.3 Estabilidad de la secuencia .....	149
<b>6.6 Driver Homogeneidad del Data set.....</b>	<b>154</b>
6.6.1 Análisis estadístico de los resultados.....	154
6.6.2 Comportamiento de los costes totales .....	155
6.6.3 Estabilidad de la secuencia .....	158
<b>6.7 Influencia de los inventarios iniciales .....</b>	<b>162</b>
6.7.1 Comportamiento de los costes totales .....	162
6.7.2 Estabilidad de la secuencia .....	163
<b>6.8 Conclusiones .....</b>	<b>164</b>
<b>Capítulo 7 Conclusiones y líneas de trabajo futuro .....</b>	<b>169</b>
7.1 Conclusiones .....	169
7.2 Líneas de trabajo futuro .....	171
<b>Bibliografía .....</b>	<b>173</b>
<b>Apéndice Resultados de los experimentos .....</b>	<b>I</b>

# Índice de Figuras

FIGURA 3.1. INVENTARIO DEL ARTÍCULO <i>I</i> FRENTE AL TIEMPO. MODELO GENERAL.....	27
FIGURA 3.2. INVENTARIO Y OCUPACIÓN DE MÁQUINA PARA $G=3$ ÍTEMS. TIEMPOS DE CICLO SI.....	28
FIGURA 3.3. AJUSTE DE PATRONES CÍCLICOS BASADOS EN SI PARA ÍTEMS 1 Y 2.....	28
FIGURA 3.4. AJUSTE DE PATRONES CÍCLICOS BASADOS EN SI PARA ÍTEMS 1 Y 3.....	29
FIGURA 3.5. INVENTARIO Y OCUPACIÓN DE MÁQUINA PARA $G=3$ ÍTEMS. TIEMPOS DE CICLO CC.....	30
FIGURA 3.6. AJUSTE DE PATRONES CÍCLICOS DE PRODUCCIÓN PARA $G=3$ ÍTEMS. TIEMPOS DE CICLO CC.....	31
FIGURA 3.7. INVENTARIO Y OCUPACIÓN DE MÁQUINA PARA $G=3$ ÍTEMS. TIEMPOS DE CICLO PB.....	32
FIGURA 3.8. AJUSTE DE PATRONES CÍCLICOS DE PRODUCCIÓN PARA $G=3$ ÍTEMS. TIEMPOS DE CICLO PB.....	32
FIGURA 3.9. STOCK DE REORDEN DEL ARTÍCULO <i>I</i> . MODELO GENERAL.....	33
FIGURA 3.10. REVISIÓN PERIÓDICA DEL ARTÍCULO <i>I</i> . MODELO GENERAL.....	34
FIGURA 3.11. REPRESENTACIÓN GRÁFICA DATA SET CON HOMOGENEIDAD EN UTILIZACIÓN. 2 ARTICULOS.....	40
FIGURA 3.12. CLASIFICACIÓN DE LAS HEURÍSTICAS EMPLEADAS EN EL ESTUDIO DE SIMULACIÓN.....	42
FIGURA 3.13. INVENTARIO MÁXIMO.....	45
FIGURA 4.1. DINÁMICA GENERAL DEL SISTEMA DE DECISIÓN.....	52
FIGURA 4.2. REGLA DE DECISIÓN HEURÍSTICAS HEUR1 ( $S, Q^{SI}$ ), HEUR2 ( $S, Q^{CC}$ ) Y HEUR3 ( $S, Q^{PB}$ ).....	54
FIGURA 4.3. REGLA DE DECISIÓN HEURÍSTICAS HEUR1P ( $S, QSI$ ), HEUR2P ( $S, QCC$ ) Y HEUR3P ( $S, QPB$ ).....	55
FIGURA 4.4. REGLA DE DECISIÓN HEURÍSTICAS HEUR4 ( $T, S^{SI}$ ), HEUR5 ( $T, S^{CC}$ ) Y HEUR6 ( $T, S^{PB}$ ).....	57
FIGURA 4.5. ALGORITMO ESPECÍFICO HEUR7 (VERGIN & LEE).....	59
FIGURA 4.6. REGLA DE DECISIÓN HEURÍSTICA 8.....	60
FIGURA 4.7. REGLA DE DECISIÓN HEURÍSTICA HEUR9 (LEACHMAN & GASCON).....	61
FIGURA 4.8. REGLA DE DECISIÓN HEURÍSTICA HEUR10 (LEVEN & SEGERSTED).....	64
FIGURA 5.1 ESTRUCTURA BÁSICA DEL MODELO EN SIMIO.....	68
FIGURA 5.2 VENTANA DE PROCESOS SIMIO. LLAMADA A LA REGLA DE DECISIÓN HEURÍSTICA.....	69
FIGURA 5.3 VENTANA DE INSTALACIÓN SIMIO. VISIÓN GENERAL.....	69
FIGURA 5.4. RATIOS DE DEMANDA CONJUNTOS HD1 A HD4.....	75
FIGURA 5.5 RATIOS DE UTILIZACIÓN CONJUNTOS HU1 A HU4.....	77
FIGURA 6.1. VARIABILIDAD DE LOS DEL COSTE TOTAL. UTILIZACIÓN $\rho = 0.88$ ; COV=0.1;0.5.....	93
FIGURA 6.2. COMPORTAMIENTO DEL COSTE TOTAL FRENTE AL NIVEL DE UTILIZACIÓN.....	94
FIGURA 6.3. DESGLOSE DEL COSTE TOTAL. INCERTIDUMBRE EN LA DEMANDA COV. 0.3.....	97
FIGURA 6.4. INFLUENCIA DEL COEFICIENTE DE VARIACIÓN DE LA DEMANDA SOBRE EL COSTE TOTAL.....	99
FIGURA 6.5. ESTABILIDAD DE LA SECUENCIA HASTA ES=1, 2, 3, 4, 5 ÍTEMS.....	100
FIGURA 6.6. ESTABILIDAD DE LA SECUENCIA HASTA ES=1, 2, 3, 4, 5 ÍTEMS.....	101
FIGURA 6.7. ESTABILIDAD DE LA SECUENCIA HASTA ES=1, 2, 3, 4, 5 ÍTEMS.....	102
FIGURA 6.8. ESTABILIDAD DE LA SECUENCIA HASTA ES=1, 2, 3, 4, 5 ÍTEMS.....	102
FIGURA 6.9. ANÁLISIS POR HEURÍSTICA DE LA ESTABILIDAD DE LA SECUENCIA HASTA ES=1, 2, 3, 4, 5 ÍTEMS RESPECTO A LA UTILIZACIÓN.....	104
FIGURA 6.10. INVENTARIO POR ARTÍCULO UTILIZACIÓN 0.88.COV=0.3. HEUR1 ( $S, Q^{SI}$ ).....	112
FIGURA 6.11. INVENTARIO POR ARTÍCULO UTILIZACIÓN 0.88.COV=0.3. HEUR4 ( $T, S^{SI}$ ).....	112
FIGURA 6.12. INVENTARIO POR ARTÍCULO UTILIZACIÓN 0.88.COV=0.3. HEUR10 (LEVEN & SEGERSTED).....	113
FIGURA 6.13. INVENTARIO POR ARTÍCULO UTILIZACIÓN 0.88.COV=0.3. HEUR2 ( $S, Q^{CC}$ ).....	114
FIGURA 6.14. INVENTARIO POR ARTÍCULO UTILIZACIÓN 0.88.COV=0.3. HEUR5 ( $T, S^{CC}$ ).....	114
FIGURA 6.15. INVENTARIO POR ARTÍCULO UTILIZACIÓN 0.88.COV=0.3. HEUR3 ( $S, Q^{PB}$ ).....	115
FIGURA 6.16. INVENTARIO POR ARTÍCULO UTILIZACIÓN 0.88.COV=0.3. HEUR6 ( $T, S^{PB}$ ).....	115
FIGURA 6.17. INVENTARIO POR ARTÍCULO UTILIZACIÓN 0.88.COV=0.3. HEUR8 (FRANSOO).....	116
FIGURA 6.18. INVENTARIO POR ARTÍCULO UTILIZACIÓN 0.88.COV=0.3. HEUR9 (LEACHMAN & GASCON).....	116
FIGURA 6.19. INVENTARIO POR ARTÍCULO UTILIZACIÓN 0.88.COV=0.3. HEUR7 (VERGIN & LEE).....	117
FIGURA 6.20. COMPORTAMIENTO DEL COSTE TOTAL FRENTE AL NIVEL DE UTILIZACIÓN.....	118
FIGURA 6.21. COMPORTAMIENTO DE LA ESTABILIDAD DE LA SECUENCIA.....	119
FIGURA 6.22 VARIABILIDAD DEL COSTE TOTAL. UTILIZACIÓN=0.88; COV=0.1;0.5.DATA SET A20.....	121
FIGURA 6.23. VARIABILIDAD DEL COSTE TOTAL. UTILIZACIÓN=0.88; COV=0.1;0.5.DATA SET A40.....	122
FIGURA 6.24. COMPORTAMIENTO DEL COSTE TOTAL FRENTE AL NIVEL DE UTILIZACIÓN. DEMANDA COV=0.3. 123	
FIGURA 6.25. DESGLOSE DEL COSTE TOTAL. INCERTIDUMBRE EN LA DEMANDA COV=0.3 DATA SET 20 ITEMS 125	
FIGURA 6.26. DESGLOSE DEL COSTE TOTAL. INCERTIDUMBRE EN LA DEMANDA COV=0.3 DATA SET 30 ITEMS 126	
FIGURA 6.27. DESGLOSE DEL COSTE TOTAL. INCERTIDUMBRE EN LA DEMANDA COV=0.3 DATA SET 40 ITEMS 126	
FIGURA 6.28. ESTABILIDAD DE LA SECUENCIA HASTA ES=1, 2, 3, 4, 5 ÍTEMS. UTILIZACIÓN 0.88. DATA SET 40 ÍTEMS.....	127
FIGURA 6.29. ANÁLISIS POR HEURÍSTICA DE LA ESTABILIDAD DE LA SECUENCIA HASTA ES=1, 2, 3, 4, 5 ÍTEMS RESPECTO A LA UTILIZACIÓN. COV=0.3. DATA SET A40.....	129
FIGURA 6.30. VARIABILIDAD DE LOS DEL COSTE TOTAL. UTILIZACIÓN=0.88; COV=0.1;0.5. DATA SET HD1.....	131
FIGURA 6.31. VARIABILIDAD DE LOS DEL COSTE TOTAL. UTILIZACIÓN=0.88; COV=0.1;0.5. DATA SET HD4.....	132

FIGURA 6.32. COMPORTAMIENTO DEL COSTE TOTAL FRENTE AL NIVEL DE UTILIZACIÓN. DEMANDA COV=0.3.	134
FIGURA 6.33. DESGLOSE DEL COSTE TOTAL. INCERTIDUMBRE EN LA DEMANDA COV =0.3. UTILIZACIÓN 0.44,0.88 .....	136
FIGURA 6.34. ESTABILIDAD DE LA SECUENCIA HASTA ES=1, 2, 3, 4, 5 ÍTEMS. UTILIZACIÓN 0.88 DATA SET HD1 .....	137
FIGURA 6.35. ESTABILIDAD DE LA SECUENCIA HASTA ES=1, 2, 3, 4, 5 ÍTEMS. UTILIZACIÓN 0.88 DATA SET HD4 .....	138
FIGURA 6.36. ANÁLISIS POR HEURÍSTICA DE LA ESTABILIDAD DE LA SECUENCIA HASTA ES=1, 2, 3, 4, 5 ÍTEMS RESPECTO A LA UTILIZACIÓN. COV=0.3. DATA SET HD1 .....	140
FIGURA 6.37. ANÁLISIS POR HEURÍSTICA DE LA ESTABILIDAD DE LA SECUENCIA HASTA ES=1, 2, 3, 4, 5 ÍTEMS RESPECTO A LA UTILIZACIÓN. COV=0.3. DATA SET HD4 .....	141
FIGURA 6.38. VARIABILIDAD DE LOS DEL COSTE TOTAL. UTILIZACIÓN=0.88; COV=0.1; 0.5. DATA SET HU1 ....	143
FIGURA 6.39. VARIABILIDAD DE LOS DEL COSTE TOTAL. UTILIZACIÓN=0.88; COV=0.1;0.5. DATA SET HU4 .....	144
FIGURA 6.40. COMPORTAMIENTO DEL COSTE TOTAL FRENTE AL NIVEL DE UTILIZACIÓN. DEMANDA COV=0.3. DATA SETS HOMOGENEIDAD DE LA DEMANDA BOMBERGER, HU1, HU2, HU3, HU4 .....	146
FIGURA 6.41. DESGLOSE DEL COSTE TOTAL. INCERTIDUMBRE EN LA DEMANDA COV =0.3. UTILIZACION 0.44,0.88 DATA SET HD1, HD2, HD3, HD4.....	148
FIGURA 6.42. ESTABILIDAD DE LA SECUENCIA HASTA ES=1, 2, 3, 4, 5 ÍTEMS. UTILIZACIÓN 0.88 DATA SET HU1 .....	150
FIGURA 6.43. ESTABILIDAD DE LA SECUENCIA HASTA ES=1, 2, 3, 4, 5 ÍTEMS. UTILIZACIÓN 0.88 DATA SET HU4 .....	151
FIGURA 6.44. ANÁLISIS POR HEURÍSTICA DE LA ESTABILIDAD DE LA SECUENCIA HASTA ES=1, 2, 3, 4, 5 ÍTEMS RESPECTO A LA UTILIZACIÓN. COV=0.3. DATA SET HU1 .....	152
FIGURA 6.45. ANÁLISIS POR HEURÍSTICA DE LA ESTABILIDAD DE LA SECUENCIA HASTA ES=1, 2, 3, 4, 5 ÍTEMS RESPECTO A LA UTILIZACIÓN. COV=0.3. DATA SET HU4 .....	153
FIGURA 6.46 VARIABILIDAD DE LOS DEL COSTE TOTAL. UTILIZACIÓN=0.88; COV=0.1;0.5.DATA SET HH.....	155
FIGURA 6.47. COMPORTAMIENTO DEL COSTE TOTAL FRENTE AL NIVEL DE UTILIZACIÓN.....	157
FIGURA 6.48. DESGLOSE DEL COSTE TOTAL. INCERTIDUMBRE EN LA DEMANDA DATA SET HH .....	158
FIGURA 6.49. ESTABILIDAD DE LA SECUENCIA HASTA ES=1, 2, 3, 4, 5 ÍTEMS. UTILIZACIÓN 0.44. DATA SET HH .....	159
FIGURA 6.50. ESTABILIDAD DE LA SECUENCIA HASTA ES=1, 2, 3, 4, 5 ÍTEMS. UTILIZACIÓN 0.88 DATA SET HH .....	160
FIGURA 6.51. ANÁLISIS POR HEURÍSTICA DE LA ESTABILIDAD DE LA SECUENCIA HASTA ES=1, 2, 3, 4, 5 ÍTEMS RESPECTO A LA UTILIZACIÓN. COV=0.3.....	161
FIGURA 6.52. COMPORTAMIENTO DEL COSTE TOTAL EN FUNCIÓN DEL INVENTARIO INICIAL . UTILIZACIÓN 0.44 Y 0.88 .....	163

# Capítulo 1

## Introducción

### 1.1 Presentación

La gestión de inventarios es un área de indudable importancia económica para la industria. Por ello, las herramientas de ayuda a la toma de decisiones se han convertido en un elemento indispensable para los responsables de la gestión del inventario en las plantas industriales. Una correcta gestión de los inventarios puede marcar la diferencia entre el éxito y el fracaso de las compañías (Zipkin 2000). Los modelos, como representación de la realidad, son la herramienta básica empleada en ingeniería para la ayuda a la toma de decisiones. Por un lado, el modelado ayuda a profundizar en la comprensión de los problemas reales abordados. Por otro lado, permite anticipar las consecuencias de determinadas decisiones.

En esta tesis doctoral se aborda, a través de un estudio de simulación, el análisis del problema de programación del lote económico ELSP (*Economic Lot Scheduling Problem*) cuyo modelado ha sido contemplado por multitud de autores desde hace décadas. El estudio de simulación pretende determinar cómo las condiciones de complejidad e incertidumbre en los parámetros del modelo condicionan el comportamiento y la validez del propio modelo.

Este planteamiento surge a raíz de una observación, del Dr. García-Sabater y del propio doctorando, de un hecho muy frecuente en el ámbito de la programación de la producción en entornos industriales de muy diversa índole. En efecto, es habitual encontrar situaciones en las que un criterio de decisión para la programación, fijado a partir de un modelo concreto, pasa de mantener un rendimiento estable a encontrarse fuera de control y por tanto sin validez. Esto ocurre en muchos casos sin que los responsables de la toma de decisiones, sean capaces de identificar las causas, que fundamentalmente obedecen a cambios concretos en las condiciones del entorno, que es preciso incorporar al modelo. La incorporación de esas nuevas condiciones al modelo a través de un modelo más completo permitirá fijar un nuevo criterio de decisión, que conducirá finalmente a una nueva

situación estabilizada. El estudio de simulación presentado se fundamenta en la validación de este razonamiento.

## **1.2 Objetivos de la tesis**

La mayoría de los estudios que presentan procedimientos heurísticos para la resolución del ELSP se centran en la evaluación del rendimiento del propio procedimiento que presentan, bajo un entorno productivo concreto. Sin embargo, no se ha prestado la suficiente atención en la literatura a la posibilidad de comparar entre sí el rendimiento de diferentes aproximaciones al modelado y resolución del problema. Esto se debe probablemente a varias razones, entre las que se encuentra la necesidad de determinar el conjunto o conjuntos de datos apropiados para el análisis, la necesidad de definir un amplio rango de entornos productivos bajo los que hacer la comparación, la dificultad de implementar algunos procedimientos a determinados entornos particulares y el hecho de que algunas heurísticas superen a otras con respecto a una medida de rendimiento, pero no respecto a otras (Winands 2011). Esta interesante conclusión, en particular la que hace referencia a la necesidad de considerar el efecto del entorno productivo, coincide plenamente con lo expresado en la presentación respecto a la validez de los modelos en relación con las condiciones de complejidad e incertidumbre del entorno productivo bajo las que se emplean. A raíz de esta coincidencia surge la pregunta de investigación de esta tesis.

El objetivo de la tesis es por tanto demostrar, a través de un análisis de sensibilidad, que la validez de las reglas de decisión establecidas a partir de una aproximación al problema está necesariamente ligada a las condiciones complejidad e incertidumbre del entorno productivo bajo el que se emplean.

Para ello se aborda en primer lugar el modelado del ESLP. Se identifica una serie de factores del modelo que afectan a la complejidad e incertidumbre del problema y se toman en consideración diferentes procedimientos heurísticos propuestos en la literatura para la toma de decisiones respecto a su resolución.

Para realizar el análisis de sensibilidad se define un amplio conjunto de escenarios bajo diferentes condiciones respecto a los factores de complejidad e incertidumbre identificados. El análisis de sensibilidad se lleva a cabo mediante un estudio de simulación, para el que se establece una herramienta específica de esta tesis, con el objetivo de poder contrastar los resultados de los experimentos y validar la hipótesis planteada.

## **1.3 Esquema general**

El esquema seguido en esta tesis se estructura en tres bloques fundamentales. Un primer bloque en el que se aborda la descripción de las características del problema considerado y su modelado (capítulos 2 y 3). Un segundo bloque en el que se aborda la descripción y

objetivos de la experimentación y los factores empleados (capítulos 4 y 5), y un último bloque en el que se presentan los resultados de los experimentos y las conclusiones (capítulos 6 y 7).

Así, tras este primer capítulo de introducción, en el segundo capítulo se presenta una revisión del estado del arte, en la que se introduce el planteamiento del modelo general del problema de programación del lote económico, a partir del modelo del lote económico de pedido EOQ (Harris 1913) y el modelo del lote económico de producción EMQ (Taft 1918). Se presentan las diferentes aproximaciones para la determinación de los tiempos de ciclo que permiten establecer patrones repetitivos de producción como solución al modelo general, y se describen las más importantes variantes sobre el modelo clásico que se han estudiado en la literatura. Se presentan las reglas heurísticas de mayor relevancia definidas para enfocar la resolución del problema y los estudios de simulación de mayor repercusión. Por otro lado, también en la presentación del estado del arte, se analiza el concepto de complejidad y las diferentes aproximaciones al término, en el ámbito de la gestión de la cadena de suministro y en concreto al problema de programación del lote económico.

En el capítulo tercero, se describe el modelo general del problema de programación del lote económico con el que se ha trabajado en el estudio de simulación. Se describen en detalle las particularidades de las dos decisiones críticas, lotificación y secuenciación, con ayuda de unos sencillos ejemplos numéricos y, se presenta un breve análisis teórico sobre la influencia de algunos de los factores de complejidad analizados en la simulación sobre el coste total. Para terminar el capítulo de descripción del modelo se introducen y clasifican las heurísticas empleadas en el estudio de simulación.

A continuación en el capítulo cuarto se describen en detalle las reglas heurísticas que se han empleado en el estudio de simulación realizado. Cada una de estas heurísticas implica un procedimiento estructurado de toma de decisiones que concluye determinando cuál es la acción que debe ser ejecutada en la máquina en cada momento. En este capítulo se describe en detalle este procedimiento estructurado, y las características de cada una de las reglas de decisión.

En el capítulo quinto se describen las características de la experimentación que se ha llevado a cabo para analizar el comportamiento de las heurísticas. El propósito de los experimentos es analizar el comportamiento general de las diferentes heurísticas mediante la simulación de diferentes condiciones de trabajo. Los experimentos de simulación deben, por tanto, comprender una amplia variedad de condiciones del entorno, de manera que el estudio analice el rendimiento de cada heurística al enfrentarse a la resolución del problema bajo situaciones muy diversas. En la descripción de los factores experimentales se incluye la descripción en detalle de la herramienta y del modelo de simulación empleado, las características de los diferentes conjuntos de datos, los parámetros del experimento, y las medias de rendimiento empleadas para evaluar el rendimiento de las diferentes heurísticas.

En el capítulo sexto se presenta el análisis de los resultados de los experimentos y las conclusiones del estudio de simulación realizado. En el análisis de los resultados en relación con los objetivos de la experimentación se argumenta el efecto de los factores de complejidad e incertidumbre considerados sobre el comportamiento de las heurísticas.

Finalmente, en el capítulo séptimo se presentan las conclusiones del trabajo en su conjunto, en relación con los objetivos y la motivación de la tesis. Se describen a su vez las líneas de trabajo futuro que surgen a partir de las conclusiones de este estudio.



# Capítulo 2

## Estado del arte

### 2.1 Introducción

El problema de programación del lote económico, ELSP, ha sido analizado formalmente desde los años 50 (Rogers 1958). Desde entonces, han aparecido referencias al problema de manera ininterrumpida desde diferentes ámbitos. La revisión de la literatura presentada en este capítulo se ha estructurado en dos secciones.

En primer lugar se introduce el planteamiento del modelo general del problema, a partir del modelo del lote económico de pedido EOQ (Harris 1913) y el modelo del lote económico de producción EMQ (Taft 1918). Se presentan las diferentes aproximaciones para la determinación de los tiempos de ciclo que permiten establecer patrones repetitivos de producción como solución al modelo general. A continuación, se describen extensiones del modelo que se han estudiado en la literatura, como la coproducción, la consideración de tiempos de *setup* dependientes de la secuencia o las diferentes aproximaciones al tratamiento de las roturas de stock. Se revisan también las principales aportaciones a la variante del problema considerando demanda estocástica. Esta variante del problema se identifica como un problema diferente, el *SLSP (Stochastic Lot Scheduling Problem)* o *SELSP (Stochastic Economic Lot Scheduling Problem)* desde sus primeras apariciones en diversos estudios (Sox et al. 1999; Brander et al. 2005; Paternina-Arboleda y Das 2005; Löhndorf et al. 2014). A continuación se presentan las reglas heurísticas de mayor relevancia definidas para enfocar la resolución del problema y diferentes estudios de simulación. Y finalmente se tratan algunas de las aplicaciones industriales de los procedimientos descritos citadas en la literatura.

En segundo lugar, se analiza el concepto de complejidad y las diferentes aproximaciones al término en el ámbito de la gestión de la cadena de suministro y en concreto al problema de programación del lote económico. Se presentan los resultados de los trabajos que han analizado la complejidad algorítmica del problema de programación del lote económico y

sus principales variantes. Se discuten además los términos de complejidad estructural y operacional, y algunas de las propuestas para establecer medidas de la complejidad en problemas de programación de operaciones.

## **2.2 El modelo del lote económico EOQ**

Desde la presentación del modelo de gestión del inventario conocido como el lote económico de pedido EOQ (Harris 1913), la gestión de inventarios ha sido un área de constante investigación en ingeniería de organización. Se trata de un área crítica en la mayoría de las instalaciones industriales, que debe ser gestionada eficientemente y por ello es un asunto de incuestionable interés tanto desde el ámbito académico como desde el ámbito industrial. El modelo EOQ sigue siendo aún hoy en día una herramienta imprescindible para la descripción y comprensión de los sistemas de gestión de inventarios. El modelo de Harris, básicamente plantea los costes de gestión del inventario como suma de los costes de almacenar los productos y los costes de la emisión de los lotes en los que se reciben. A continuación, el modelo expresa ambos costes en función del tamaño de lote emitido en cada lanzamiento. De este modo es posible definir el tamaño de lote que minimiza la suma de ambos costes, al que se denomina lote económico de pedido EOQ. Como menciona el trabajo de Cárdenas-Barrón et al. (2014), este sencillo modelo ha provocado un inmenso impacto en la gestión de inventarios y ha derivado en otros miles de modelos de inventario. En la presente revisión del estado del arte restringimos el análisis únicamente a aquellos trabajos relacionados con el planteamiento del modelo y los objetivos de esta tesis.

Sorprendentemente, el modelo de Harris, presentado en su escueto artículo titulado “How many parts to make at once” (Harris 1913), en la revista “Factory. The magazine of Management” ha sido incorrectamente citado durante muchos años (Erlenkotter 2014; Erlenkotter 1990). El modelo fue popularizado en el trabajo de Wilson (1934), que lo presenta desde un enfoque absolutamente aplicado, aunque lamentablemente sin citar el trabajo de Harris.

El modelo, ampliamente tratado en infinidad de publicaciones, parte del supuesto básico de asumir como constantes y conocidos tres parámetros. La demanda del producto por unidad de tiempo  $d$ , los costes de lanzamiento por lote  $A$  y los costes de almacenamiento unitarios por unidad de tiempo  $h$ . Uno de los pocos trabajos que abordan aproximaciones a la metodología para la determinación de estos parámetros en entornos industriales es el trabajo de Fogarty et al. (1991). El enfoque original de Harris (1913) expresa los costes totales  $CT$ , a partir de los costes de almacenamiento y lanzamiento en función del tamaño de lote  $q$ , según:

$$CT(q) = A \frac{d}{q} + \frac{1}{2} hq \quad (2.1)$$

Habitualmente, en el problema de programación del lote económico, como se verá a continuación, se trabaja con este mismo modelo bajo un cambio de variable. Así, la variable

considerada es el tiempo de ciclo  $T$ , entendido como el periodo transcurrido entre el lanzamiento de dos lotes. De este modo, se trabaja con la expresión análoga a (2.1), según:

$$CT(T) = \frac{A}{T} + \frac{1}{2}hdT \quad (2.2)$$

A partir de esta expresión, es posible determinar el tiempo de ciclo que obtiene un mínimo de la función de costes a través de la primera derivada de la expresión en función del tiempo de ciclo:

$$\frac{\partial CT}{\partial T} = \frac{\partial(\frac{A}{T} + \frac{1}{2}hdT)}{\partial T} = -\frac{A}{T^2} + \frac{1}{2}hd \quad (2.3)$$

De dónde igualando a 0 se obtiene la elegante expresión del tiempo de ciclo óptimo  $T^*$ :

$$T^* = \sqrt{\frac{2A}{hd}} \quad (2.4)$$

A partir del modelo de Harris, que entre otros supuestos básicos asume la recepción instantánea de la totalidad de la mercancía lanzada en el lote, Taft (1918) extiende el modelo incluyendo una tasa de producción finita  $p$  de unidades de producto producidas por unidad de tiempo. Bajo este supuesto, la recepción de la cantidad fabricada no es instantánea, y existe demanda durante el tiempo  $dT/p$  que dura proceso de fabricación del lote. Así el inventario máximo bajo este supuesto es  $dT(1 - d/p)$ , y por tanto la expresión de costes totales del modelo de lote económico de producción EMQ (Taft 1918) se puede expresar como:

$$CT(T) = \frac{A}{T} + \frac{1}{2}hdT(1 - \frac{d}{p}) \quad (2.5)$$

Y procediendo de la misma manera que anteriormente para la obtención del tiempo de ciclo óptimo se obtiene:

$$T^* = \sqrt{\frac{2A}{hd(1 - \frac{d}{p})}} \quad (2.6)$$

Esta expresión es al igual que la de Harris ampliamente conocida y utilizada como punto de partida para múltiples modelos gestión de inventarios.

### 2.3 El problema de programación del lote económico: ELSP

Habitualmente en entornos industriales las instalaciones están dotadas de la suficiente flexibilidad como para producir muchos artículos diferentes en la misma máquina (Gallego y Roundy 1992). En general este tipo de máquinas pueden producir únicamente un artículo en cada momento y generalmente requieren de un proceso de ajuste en el cambio de artículo procesado. En este tipo de instalación, la extensión de los criterios descritos en el modelo EOQ para el conjunto de ítems a procesar se convierte en el denominado problema

de programación del lote económico (ELSP por el acrónimo de su descripción en inglés *Economic Lot Scheduling Problem*). Tal como se describe en Silver et al. (1988), el problema consiste en:

*“definir para el conjunto de artículos un tiempo de ciclo, una secuencia de producción, unos tiempos de producción, y unos tiempos de inactividad tales que la secuencia de producción se puede completar dentro del ciclo escogido y el ciclo se puede repetir a lo largo del tiempo, satisfaciendo la demanda y minimizando los costes anuales de inventario y *setup*”.* (Silver et al. 1988)

El problema de programación del lote económico ha recibido una constante atención desde hace décadas, con centenares de artículos publicados en la literatura, especialmente en los últimos 20 años (Chan et al. 2013). Una de las primeras aproximaciones formales al problema es debida a Rogers (1958). Desde entonces, este problema se ha abordado en la literatura desde multitud de aproximaciones, y se han definido múltiples variantes del problema. La definición tradicional y más extendida del problema asume los siguientes supuestos (Bomberger 1966; Madigan 1968; Doll y Whybark 1973):

- La máquina produce un único artículo en cada instante
- La capacidad de producción es limitada, pero suficiente para satisfacer la demanda
- Los ratios de producción son deterministas y constantes
- Existe un coste y un tiempo de *setup* asociado al lanzamiento de los lotes de los artículos
- Los tiempos y costes de *setup* son independientes de la secuencia
- Los ratios de demanda son deterministas y constantes
- Los costes de inventario son directamente proporcionales a los niveles de inventario

### **2.3.1 Aproximaciones para la determinación del tiempo de ciclo**

#### *Aproximación Solución Independiente (SI)*

La aproximación más sencilla para la resolución del ELSP descrito en la sección anterior consiste en la utilización de la fórmula de Harris y su extensión al modelo EMQ, para determinar los tiempos de ciclo de cada uno de los artículos. Esta aproximación, que se conoce como Solución Independiente (SI), utiliza los tiempos de ciclo óptimos e ignora cualquier condición de factibilidad por lo que es frecuente encontrar situaciones en las que no es posible encontrar una solución óptima a través de esta aproximación. A partir de la

expresión del coste total (CT) definida en el modelo EMQ, el coste total para  $g$  ítems, calculado a partir del coste para cada artículo  $i$  cuando se fabrica con un tiempo de ciclo  $T_i$ , será expresará de forma general como:

$$CT = \sum_{i=1}^g CT_i = \sum_{i=1}^g \frac{A_i}{T_i} + \sum_{i=1}^g \frac{1}{2} d_i h_i T_i \left(1 - \frac{d_i}{p_i}\right) \quad (2.7)$$

Y a partir de ella denotaremos como  $T^{SI}_i$  al tiempo de ciclo óptimo para cada ítem  $i$ , que minimiza los costes. Se expresa, a partir del planteamiento de Harris como:

$$T^{SI}_i = \sqrt{\frac{2A_i}{h_i d_i \left(1 - \frac{d_i}{p_i}\right)}} \quad (2.8)$$

De este modo, la suma de los costes totales para el conjunto de  $g$  ítems a partir del tiempo de ciclo óptimo de cada uno de ellos, definirá una solución óptima al problema siempre que sea factible, y por tanto una cota inferior en los costes. A partir de las dos expresiones anteriores, esta cota inferior se expresará como.

$$CT^{SI} = \sum_{i=1}^g \sqrt{2A_i h_i d_i \left(1 - \frac{d_i}{p_i}\right)} \quad (2.9)$$

*Aproximación Ciclo Común (CC)*

La primera aparición de este planteamiento se encuentra en Hanssmann (1962). En ella, el autor plantea el problema de definir un tiempo de ciclo  $T$ , común a cada uno de los  $g$  ítems, tal que minimiza los costes de inventario totales. Así para esta situación, con el mismo tiempo de ciclo para todos los ítems, el coste total puede expresar como:

$$CT = \sum_{i=1}^g \frac{A_i}{T} + \sum_{i=1}^g \frac{1}{2} d_i h_i T \left(1 - \frac{d_i}{p_i}\right) \quad (2.10)$$

Procediendo de forma análoga al planteamiento general del EOQ para la determinación del tiempo de ciclo óptimo para un artículo, el tiempo de ciclo común óptimo para los  $g$  ítems se obtendría en este caso a partir de la derivada del coste en función del tiempo de ciclo, de donde:

$$T^{CC} = \sqrt{\frac{2 \sum_{i=1}^g A_i}{\sum_{i=1}^g h_i d_i \left(1 - \frac{d_i}{p_i}\right)}} \quad (2.11)$$

Y de nuevo, introduciendo este tiempo de ciclo en la expresión (2.10) se obtiene el coste total mediante la aproximación de ciclo común:

$$CT^{CC} = \sqrt{2 \sum_{i=1}^g A_i \sum_{i=1}^g h_i d_i \left(1 - \frac{d_i}{p_i}\right)} \quad (2.12)$$

Este coste se suele considerar una cota superior del problema. En este sentido se trata del enfoque más elemental para resolver el problema implícito de secuenciación de los lotes. Como se describe en detalle en el capítulo 3, este planteamiento convierte en trivial el problema de secuenciación, aunque obviamente empleando tiempos de ciclo no óptimos y por tanto con un coste total superior al expresado en (2.9). Sin embargo, existen situaciones particulares (Jones y Inman 1989), en las que esta aproximación conduce a soluciones cercanas al óptimo, y situaciones en las que su utilización es altamente recomendable, por ejemplo cuando existen tiempos de cambios de partida dependientes de la secuencia, como se verá más adelante (Lopez y Kingsman 1991).

En cuanto a la factibilidad de la aproximación, Maxwell (1964) plantea una condición relacionando la capacidad disponible con la utilización del sistema. Define la utilización del sistema como:

$$\sum_{i=1}^g \rho_i = \sum_{i=1}^g \frac{d_i}{p_i} \quad (2.13)$$

El autor argumenta que en esta situación el tiempo disponible para *setups* será  $(1 - \sum_{i=1}^g \rho_i) T$ , de manera que se debe cumplir la siguiente desigualdad:

$$\sum_{i=1}^g c_i \leq (1 - \sum_{i=1}^g \frac{d_i}{p_i}) T \quad (2.14)$$

Y por tanto la condición de factibilidad se expresa del siguiente modo:

$$T^{CC} = \max \left\{ \sqrt{\frac{2 \sum_{i=1}^g A_i}{\sum_{i=1}^g h_i d_i (1 - \frac{d_i}{p_i})}}, \frac{\sum_{i=1}^g c_i}{(1 - \sum_{i=1}^g \frac{d_i}{p_i})} \right\} \quad (2.15)$$

#### *Aproximación Periodo Básico (PB)*

En la aproximación de periodo básico el planteamiento se centra en que los tiempos de ciclo de cada uno de los  $g$  artículos sean múltiplos enteros de un tiempo de ciclo mínimo fundamental, al que se denomina periodo básico, tal que:

$$T_i = k_i T^{PB} \quad (2.16)$$

De manera que el coste total se puede expresar como:

$$CT = \sum_{i=1}^g \frac{A_i}{k_i T^{PB}} + \sum_{i=1}^g \frac{1}{2} d_i h_i k_i T^{PB} \left(1 - \frac{d_i}{p_i}\right) \quad (2.17)$$

Este planteamiento aparece por primera vez en Bomberger (1966), que es uno de los trabajos más conocidos dentro de la literatura relativa a ELSP. El autor sugiere un procedimiento de programación dinámica para la determinación del periodo básico y los periodos para cada ítem múltiplos de éste. Desde su aparición, numerosos autores han definido procedimientos diferentes para la estimación del periodo básico y los tiempos de ciclo de cada artículo a través de la determinación de los multiplicadores  $k_i$ . Uno de los más empleados es el procedimiento iterativo planteado por Doll y Whybark (1973). El procedimiento comienza determinando el tiempo de ciclo óptimo para cada artículo y parte del menor de ellos como primera iteración para el periodo básico. A partir de ahí comienza un proceso iterativo en el que se calculan los multiplicadores enteros  $k_i$  de cada tiempo de ciclo respecto al periodo básico inicialmente planteado y se estima un nuevo periodo básico, introduciendo los factores  $k_i$  en la derivada de la función de costes respecto al periodo expresada en (2.17), según:

$$T^{PB} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^g \frac{A_i}{k_i}}{\sum_{i=1}^g \frac{1}{2} d_i h_i k_i \left(1 - \frac{d_i}{p_i}\right)}} \quad (2.18)$$

Este nuevo periodo básico calculado se introduce en el proceso iterativo por el que se calculan de nuevo los multiplicadores enteros para el tiempo de ciclo de cada artículo. El proceso se repite hasta que dos iteraciones consecutivas generan los mismos valores  $k_i$ .

En el trabajo de Haessler y Hogue (1976) se plantea una alteración sobre este procedimiento original, tomando como válidos únicamente los multiplicadores en potencias de dos respecto al periodo básico, que simplifican la generación de ciclos repetitivos (Yao y Elmaghraby 2001). Este enfoque ha sido empleado en múltiples trabajos (Gallego 1990; Hahm y Yano 1995; Carstensen 1999; Vidal-Carreras 2011).

Respecto a la factibilidad de la secuencia, Hsu (1983) trata la complejidad para definir una condición necesaria y suficiente para la factibilidad de un programa definido a partir de la aproximación PB. La dura condición planteada en (Bomberger 1966) exige que la capacidad disponible para *setups* en cada periodo básico sea mayor que el número máximo de *setups* que pueden darse. Esta condición se expresa en (2.19):

$$T^{PB} \geq \frac{\sum_{i=1}^g c_i}{1 - \sum_{i=1}^g \frac{k_i d_i}{p_i}} \quad (2.19)$$

Esta condición garantiza la existencia de soluciones factibles pero puede resultar en soluciones subóptimas (Brander 2005), puesto que exige que exista tiempo disponible para el *setup* y fabricación de todos los productos en un mismo periodo lo cual no es siempre

estrictamente necesario. Por otro lado, la condición de factibilidad expresada en (2.20), considerada por Elion (1962) y Haessler (1971), es condición necesaria pero no suficiente:

$$T^{PB} > \frac{\sum_{i=1}^g \frac{c_i}{k_i}}{1 - \sum_{i=1}^g \frac{d_i}{p_i}} \quad (2.20)$$

Lo que exige (2.20) es que el tiempo de *setups* promedio por periodo básico sea menor que la capacidad disponible promedio para *setups* del sistema. Finalmente, Haessler y Hogue (1976) expresan en su trabajo la condición de factibilidad mediante un conjunto de restricciones, y justifican que este conjunto se reduce considerablemente bajo la exigencia de que los multiplicadores sean potencias de dos, derivando a partir de ahí su propio procedimiento iterativo introducido anteriormente.

#### *Aproximación Periodo Básico Extendido (PBE)*

Esta aproximación se centra en la relajación de la condición de factibilidad (2.14), que es criticada por diversos autores (Stankard and Gupta 1969; Haessler and Hogue 1976; Doll and Whybark 1973; Elmaghraby 1978) tras la introducción de la primera definición de PB en (Bomberger 1966). Esta relajación es la descrita anteriormente, expresada en la desigualdad (2.20). Con esta relajación se persigue el objetivo de generar un mayor conjunto de soluciones factibles, manteniendo en el mismo concepto de tiempos de ciclo múltiplos de un periodo fundamental. En su revisión del ELS Elmaghraby (1978) ya introduce un primer planteamiento para desarrollar programas factibles con esta condición relajada, y Haessler (1979) presenta un procedimiento iterativo utilizando la aproximación del periodo básico extendido, que incluye un planteamiento para verificar la factibilidad de la solución.

Más recientemente, Holmbom y Segerstedt (2014) describen cómo la relajación de la condición de factibilidad genera un nuevo problema. Con este planteamiento existe la posibilidad de trabajar con ciclos de distinta duración, lo que conduce a una situación en la que las aproximaciones tradicionales para la estimación de los costes de almacenamiento dejan de tener validez (Nilsson y Segerstedt 2008). El método para la determinación de estos costes de almacenamiento extra bajo la aproximación PBE se describe en detalle en Holmbom et al. (2013).

### **2.3.2 Variantes del problema original**

Los supuestos de la versión clásica del ELS han sido descritos al inicio de esta sección. Sin embargo, desde este planteamiento original, han surgido numerosas variantes al modelo. En algunos casos estas variantes abordan problemas industriales ligeramente diferentes al problema original considerado y en otros se trata de extensiones del propio modelo para acercarlo más a la realidad industrial que consideran.



### 2.3.2.1 *Setups* dependientes de la secuencia

Uno de los supuestos del ELSP clásico consiste en asumir que los tiempos y costes de *setup* son conocidos y constantes. Sin embargo, existen multitud de entornos industriales en los que los tiempos y costes de *setup* varían en función de la secuencia en la que se producen los artículos. En estos casos, el supuesto de *setups* constantes implica una simplificación excesiva del modelo, por lo que desde los primeros estudios formales del ELSP, una de las variantes de mayor atención son los modelos que contemplan *setups* dependientes de la secuencia.

Así, el trabajo de Maxwell (1964) ya contempla en su modelo del problema tiempos de *setups* dependientes de la secuencia con costes proporcionales a estos, y define un procedimiento heurístico partiendo del PB para encontrar la mejor posición en la secuencia para cada ítem. Delporte y Thomas (1977) plantean un modelo general con *setups* dependientes de la secuencia y proponen una heurística para su resolución que será descrita más adelante. Otro planteamiento heurístico para resolver el problema considerando *setups* dependientes de la secuencia se presenta en Galvin (1987). Este trabajo parte de un enfoque de CC para la determinación de los tiempos de ciclo. El problema de establecer la secuencia de menor coste lo enfoca como un problema de viajante de comercio que resuelve a través de un algoritmo ramificación y corte. También Lopez y Kingsman (1991) plantean la aproximación del ciclo común para los tiempos de ciclo ante la dependencia de los tiempos de *setup* respecto a la secuencia. Encuentran la mejor secuencia para los artículos dentro del ciclo común, de nuevo como un problema de viajante de comercio. En su estudio trabajan con diferentes algoritmos, y consideran el problema partiendo también de tiempos de ciclo basados en PB y PBE, asumiendo que se deben modificar los tiempos al introducir los *setups* dependientes de la secuencia. Los autores concluyen que cuando no es posible hacer esto de una forma eficiente en la práctica, la mejor alternativa es trabajar con tiempos calculados mediante ciclo común. Dobson (1992) analiza el problema desde una aproximación de variación de los tamaños de lote (*Varying Lot-sizes approach*), y emplea una relajación langrangiana de la formulación que permite separar parcialmente el problema de lotificación y el problema del viajante de comercio para la secuenciación. Esta relajación conduce a un problema de combinatoria que se resuelve mediante un procedimiento heurístico. Por su parte Wagner y Davis (2002) plantean que ante la incertidumbre de los entornos industriales actuales, puede resultar más útil para los responsables de las plantas disponer de un conjunto de soluciones entre las que escoger. Su heurística propone una serie de soluciones y mejora el rendimiento de la de Dobson, especialmente en entornos con alta utilización y cuando los costes y tiempos de *setup* son significativos. Más recientemente, el trabajo de Löhndorf et al.(2014) propone una solución basada en optimización a través de simulación. Plantean un procedimiento iterativo de dos etapas, que combina una política de búsqueda global con una heurística de búsqueda local para el problema de viajante de comercio correspondiente a la secuenciación. Su modelo se basa en el planteado en Löhndorf y Minner (2013a), y el procedimiento de búsqueda local de Wagner y Smits (2004). Son interesantes las revisiones

bibliográficas de Allahverdi et al. (1999) y (2008) en relación con los problemas de secuenciación con cambios de partida dependientes de la secuencia.

### **2.3.2.2 Consideración de órdenes retrasadas y ventas perdidas**

El planteamiento del problema original clásico (Bomberger 1966; Madigan 1968; Doll y Whybark 1973), no contempla la situación en la que la demanda en un determinado periodo no pueda ser satisfecha. Sin embargo es habitual que en entornos industriales existan situaciones puntuales en las que la demanda no puede ser satisfecha completamente. En estos entornos en los que se trabaja con demanda incierta y múltiples ítems, es frecuente que se produzcan conflictos por el uso de la máquina. Estos conflictos o interferencias, derivan en múltiples ocasiones en situaciones de rotura de stock, en los que el inventario de alguno de los artículos es insuficiente para abastecer la demanda.

Para modelar esta situación existen dos alternativas habitualmente empleadas en la literatura. Un planteamiento es el denominado en la literatura como *backordering* o *backlogging*, que consiste en mantener la demanda no satisfecha como pendiente hasta que en un periodo posterior existe inventario suficiente para satisfacerla, con una consideración en la función de costes. El otro planteamiento consiste en considerar la demanda no satisfecha como demanda perdida y asumir un coste correspondiente a ello. Es interesante destacar que el porcentaje de trabajos en la literatura que introducen en el modelo la escasez de inventarios es relativamente bajo (Khoury et al. 2001).

Respecto al modelado de la situación de escasez de inventarios mediante *backordering*, o pedidos retrasados, aparecen ligeras diferencias de enfoque en los trabajos existentes en la literatura. Uno de los primeros trabajos en considerar pedidos retrasados en el ELSP es el de Vergin y Lee (1978), que incorpora el coste de las entregas con retraso en el planteamiento de varias de las seis reglas de secuenciación empleadas en su estudio de simulación. El autor ya destaca el efecto distorsionador de la importancia relativa entre los diferentes factores de costes en el rendimiento de las heurísticas, como también se pone de manifiesto en el resultado del estudio de simulación de esta tesis. El trabajo de Dodin (1985) considera costes de órdenes retrasadas en un problema de secuenciación en una máquina con el objetivo de minimizar únicamente costes de inventario y demanda diferida, sin considerar costes de *setup*. En Gallego (1990) se plantea el problema ELSP con demanda constante con costes de pedidos retrasados ponderados linealmente con el tiempo, del mismo modo que los costes de almacenamiento, y posteriormente Gallego y Roundy (1992) mantienen este modelo y plantean un procedimiento para calcular stocks de seguridad mediante simulación. El trabajo de Gupta (1992) demuestra mediante una aproximación de ciclo común a través de ejemplos numéricos que el coste total del problema se puede reducir permitiendo puntualmente órdenes retrasadas de algunos ítems. Federgruen y Katalan (1996) consideran el problema con demanda estocástica, introducen el coste de entregas con retraso en su modelo y describen un algoritmo de decisión que presentan mediante un estudio numérico con diferentes conjuntos de 5 ítems. También consideran el coste de órdenes retrasadas Anupindi y Tayur (1998) en su función de costes,

y presentan un técnica de optimización basada en simulación. Brander et al. (2005) presentan un estudio de simulación para evaluar el comportamiento bajo condiciones de demanda estocástica del procedimiento de programación dinámica de Bomberger, y el procedimiento heurístico de Segerstedt (1999), ambos diseñados originalmente para el ELSP con demanda determinista. Los autores registran la existencia de órdenes retrasadas en su estudio de simulación, pero no consideran su efecto en la función de costes. Por último, Vaughan (2007; 2009) también registra órdenes retrasadas, y emplea la medida de servicio de cumplimiento de la tasa de llenado o *fill rate*, bajo condiciones de demanda aleatoria.

Por otro lado, entre los trabajos que han recurrido al modelado de la escasez de inventarios como demanda perdida, también aparecen diferentes matices. Así el trabajo de Altiok y Shiue (1995) considera el coste de las ventas perdidas en su función del coste de producto, con un modelo de tres productos en una única máquina bajo una política de revisión periódica. Por el contrario, el trabajo de Fransoo et al.(1995), no considera las ventas perdidas en la función de costes. Su modelo evalúa el efecto de las ventas perdidas mediante la medida del *fill rate* y las heurísticas establecen ciclos estables para un determinado nivel de servicio objetivo. Khoury et al. (2001) presentan una aproximación de ciclo común y relajan la restricción de capacidad para analizar el problema en condiciones de capacidad insuficiente, introduciendo en su modelo los costes de no entrega. Estudian el caso de dos productos y extienden sus conclusiones al caso general. Por su parte Faaland et al. (2004) trabajan el ELSP con parámetros deterministas, sin considerar costes de *setup*, aunque sí tiempos, con experimentos aleatorios de entre 100 y 1000 artículos, en los que consideran el coste de ventas perdidas. Wagner y Smits (2004) en cambio tratan el ELSP con demanda estocástica, determinan el nivel de servicio al cliente mediante el *fill rate* de forma similar al trabajo de Fransoo citado anteriormente, aunque en este caso sí evalúan el coste de la demanda perdida. Soman et al (2005; 2006) consideran un sistema ELSP híbrido con dos tipos de gestión de inventario de los artículos: contra almacén MTS (*make to stock*) y contra pedido MTO (*make to order*). Los autores introducen costes de demanda perdida en función de los costes de producto, con una aproximación similar a la empleada en esta tesis. Más recientemente Löhndorf y Minner (2013a), y Löhndorf et al. (2014) analizan el problema considerando demanda estocástica con *setups* dependientes de la secuencia y costes de demanda no satisfecha en su estudio de simulación. Por último, en Cortés-Fibla et al. (2015) se analiza mediante un estudio de simulación la influencia de la dimensionalidad en el conjunto de productos sobre el rendimiento de diferentes heurísticas, considerando coste de no entrega.

### 2.3.2.3 Otras variantes

Desde los primeros estudios sobre el ELSP se han estudiado, con menos intensidad, otras muchas variantes del problema. Estas variantes tratan de acercar los modelos a situaciones más particulares de la realidad industrial. Aunque no coinciden directamente con el modelo del problema considerado en esta tesis, existen algunas de las variantes del

modelo a las que se podrían extender las conclusiones de este trabajo, como se destaca en el último capítulo.

Así, diversos autores han considerado ratios de producción variables. Eynan (2003) analiza los beneficios que supone para una instalación la existencia de ratios de producción variables. Algunos autores consideran los ratios de producción variables en relación con la variabilidad en la calidad de los productos (Khouja y Mehrez 1994; Ben-Daya y Hariga 2000; D. H. Moon y Christy 1998; Khouja 1997), con la calidad del proceso global (Ma et al. 2010), en relación con el uso del equipo (D. H. Moon y Christy 1998; Edward A. Silver 1990), o en relación con la falta de fiabilidad del equipo (Kim et al. 1997). También aparecen interesantes modelos en la bibliografía que incorporan el concepto de coproducción al ELSP (Vidal-Carreras 2011; Öner y Bilgiç 2008). Algunos autores también han considerado la existencia de productos con limitaciones de tiempo en el inventario, como ocurre con los productos perecederos (Soman et al. 2004; Elion 1962; Cheng 1991).

Sin duda alguna, la variante sobre el planteamiento del problema original clásico (Bomberger 1966; Madigan 1968; Doll y Whybark 1973) que más atención ha suscitado en la literatura es la consideración de incertidumbre en la demanda, que se describe en la siguiente sección.

### **2.3.3 Consideración de demanda estocástica: El SELSP**

El problema cuando se considera demanda estocástica suele denominarse en la literatura *SLSP (Stochastic Lot Scheduling Problem)* o *SELSP (Stochastic Economic Lot Scheduling Problem)*. La estocasticidad de la demanda obliga a que la decisión respecto al uso de máquina se convierta en una decisión dinámica dependiente de la situación en cada instante, de manera que los artículos en cierto modo compiten por el uso de la capacidad disponible (Sox et al. 1999). Siguiendo con las conclusiones de estos autores, en esta situación el inventario desempeña tres funciones en el SLESP. En primer lugar, a mayor inventario menor necesidad de emitir lotes, y por tanto menor número de *setups*, de manera que reduce la fracción de capacidad disponible dedicada a *setups*. En segundo lugar, ejerce de *buffer* para evitar roturas de stock ante variaciones en la demanda. Y por último, también actúa como *buffer* ante la eventual aparición de conflictos entre productos por el uso de la máquina, ante la variación en la demanda de otro artículo.

Uno de los primeros trabajos en considerar demanda estocástica en el problema es el de Goyal (1973), en el que el autor presenta un modelo para calcular tiempos de ciclo y tamaños de lote con demanda estocástica. Su modelo asume tiempos de producción instantáneos, lo que equivale a considerar un máquina de capacidad infinita. En un modelo de este tipo no existe problema de programación y la decisión se convierte únicamente en una decisión relativa a la gestión del inventario. Existen diferentes enfoques respecto a la forma de modelar el comportamiento estocástico de la demanda. Vergin y Lee (1978) consideran lo que en la literatura se conoce como demanda estocástica estacionaria, en la

que la demanda se asimila a una distribución de probabilidad estable en el tiempo. En su caso concreto, los periodos con demanda siguen una distribución de Poisson mientras que la cantidad demandada sigue una distribución geométrica. Este tipo de regla de distribución de demanda se conoce en la bibliografía como “Poisson tartamuda” (*Stuttering Poisson*) y ha sido utilizado por diversos autores (Löhdorf y Minner 2013b; Löhdorf et al. 2014). Otros autores (Federgruen y Katalan 1996; Federgruen y Katalan 1998; J. Qiu y Loulou 1995; Vaughan 2007; Vaughan 2009) modelan la distribución de demanda mediante una distribución de Poisson compuesta. Wagner y Smits (2004) emplean la distribución de Erlang respecto a la frecuencia y respecto a la cantidad demandada en los periodos en los que hay demanda. Ashayeri et al. (2006) emplean una distribución de demanda basada en la distribución gamma. En Paternina-Arboleda y Das (2005) tanto la frecuencia de los periodos con demanda como la cantidad demandada se modela mediante distribución log-normal de media y coeficiente de variación conocidos. Uno de los procedimientos más habituales empleados para modelar el comportamiento de la demanda consiste en considerar la existencia de demanda en todos los periodos, y asumir que la cantidad demandada sigue una distribución normal de media y varianza conocidas (Leachman y Gascon 1988; Gascon et al. 1994; Leachman et al. 1991; Soman et al. 2006; Brander et al. 2005; Brander y Forsberg 2006; Levén y Segerstedt 2007; Vidal-Carreras 2011; Fransoo et al. 1995). Como se verá en el capítulo 6 este es el modelado de la demanda empleado en esta tesis.

Respecto a los enfoques para la resolución del problema ya se ha mencionado el estudio de Brander et al. (2005), en el que, bajo un estudio de simulación, evalúan el comportamiento bajo demanda estocástica de procedimientos heurísticos diseñados para el problema con demanda determinista. En su estudio concluyen que el criterio de decisión empleado para la decisión de lotificación es de menos importancia que el la regla de decisión empleada para decidir qué artículo producir en cada momento. Es decir su planteamiento concluye que bajo demanda estocástica estacionaria la decisión de secuenciación puede ser más crítica para el resultado que la decisión de lotificación. En la siguiente sección se presentan algunos de los procedimientos heurísticos para esta decisión de mayor relevancia presentados en la literatura.

### 2.3.4 Reglas heurísticas y Simulación

Los planteamientos descritos en la sección 2.3.1 se refieren únicamente a metodologías para el establecimiento del tiempo de ciclo para cada artículo con el objetivo de minimizar la función de costes expresada en (2.10). En esta expresión los costes son únicamente función del sumatorio de los costes de lanzamiento y almacenamiento para cada ítem.

A las aproximaciones a la resolución de este problema bajo demanda determinista se les suele denominar procedimientos de resolución (*solution procedures*). Como se ha descrito, las aproximaciones SI y CC establecen una cota inferior y superior para los costes totales. La cota inferior (SI) presenta el problema de que la determinación de una secuencia

factible para ese conjunto de tiempos de ciclo es prácticamente inviable en todos los casos. En cambio, la cota superior (CC) anula el problema de secuenciación, convirtiendo en automática la determinación de la secuencia estable bajo demanda determinista, aun a costa de un bajo rendimiento respecto a los costes. Entre estos dos planteamientos se encuentran las aproximaciones de PB y PBE descritas. Sin embargo, la determinación de los tiempos de ciclo óptimos para cada ítem bajo estas dos aproximaciones que cumplan con las condiciones de factibilidad descritas en 2.3.1, es un problema de cierta complejidad. Por ello, se han definido en la literatura múltiples procedimientos heurísticos para el cálculo de los tiempos de ciclo básicos, de las cuales las de mayor repercusión son: (Bomberger 1966; Stankard y Gupta 1969; Doll y Whybark 1973; Goyal 1973; Leachman y Gascon 1988; Fransoo 1993). Otra aproximación a la resolución del problema bajo demanda determinista establece la posibilidad de trabajar con tamaños de lote variables TVL (Time Varying Lotsizes). Esta aproximación es analizada por primera vez en el trabajo de Maxwell (1964). Los trabajos de Delporte y Thomas (1977), Dobson (1987) y posteriormente Moon et al. (1998;2002) presentan todos ellos procedimientos heurísticos para la resolución del problema de establecimiento de los tiempos de ciclo bajo este enfoque. Más recientemente este enfoque ha sido estudiado en Shirodkar et al. (2011), aunque como se menciona en la revisión bibliográfica de Chan et al. (2013), el porcentaje de trabajos que abordan el problema bajo el enfoque TVL es menor. Los autores clasifican las aproximaciones para abordar el problema de determinación de los tiempos de ciclo en los tres grandes grupos: CC, PB y TVL y cuantifican el porcentaje de artículos en cada ámbito. En esta tesis se emplean únicamente las aproximaciones de CC y PB, además de la básica SI. En el capítulo de descripción del modelo se describen los procedimientos empleados para su determinación.

Por otro lado, en contraposición a los procedimientos de resolución bajo demanda determinista, también se han presentado en la literatura otro conjunto importante de procedimientos heurísticos para resolver la problemática relacionada con el comportamiento dinámico del problema cuando la demanda es estocástica. El conjunto de este tipo de procedimientos heurísticos para el problema con demanda estocástica SELSP es muy amplio, ya que en cada caso se aborda la resolución contemplando muy variados matices sobre las condiciones del problema.

La tabla muestra un resumen de algunos de los estudios más relevantes con aportaciones originales de procedimientos heurísticos en este ámbito. La mayoría de los procedimientos heurísticos presentados en los trabajos citados en la tabla se contrastan mediante estudios de simulación, o pequeños ejemplos numéricos.

**Tabla 2.1** Procedimientos heurísticos para secuenciación del SELSP

<b>Autor (Año)</b>	<b>Heurística</b>	<b>Simulación/ Ejemplo Numérico</b>
Vergin y Lee (1978)	Heurísticas basadas en demanda determinista y EOQ Variantes a la regla de Magee y Bodman (1967)	Estudio Simulación 10 ítems
Graves (1980)	Enfoca 1 ítem como problema decisión de Markov. Heurística original extiende a varios ítems. Introduce concepto producto compuesto y genera nuevo conjunto de problemas. Válido para pocos ítems ( $2^g - g - 1$ problemas de decisión de Markov por periodo)	Estudio e simulación varios data sets
Gascon (1988)	Heurística Original <i>Lookahead</i> , basada en PB Doll y Whybark. Analiza 20 próximos periodos	Ilustración numérica
Leachman y Gascon (1988)	Reglas basadas en demanda determinista y EOQ, PB, y regla de Magee. Heurística original Dynamic cycle Times, DCT	Estudio Simulación 5 ítems
Leachman et al. (1991)	Regla DCT mejorada	Estudio Simulación 5 ítems
Fransoo (1993)	Heurística de tiempos de ciclo estable	Estudio Simulación 5 ítems
Gonçalves et al. (1994)	Optimización no lineal sobre <i>Dynamic cycle lengths</i>	Estudio Simulación reducido
(Kelle et al. 1994)	Heurística original, basada en Doll y Whybark, incluye stock de seguridad	Resultados computacionales. Comparación con otras heurísticas
Qiu y Loulou (1995)	Modelado del problema como problema decisión de Markov	Experimentos con conjuntos de 2 ítems
Federgruen y Katalan (1996)	Procedimiento original. Contempla insertar idle times en patrones cíclicos	Estudio de simulación 5 ítems
Levén y Segerstedt (2007)	Heurística original basada en EOQ. Ajusta tiempos de ciclo en función de holgura por lote. Planteada para demanda determinista pero válida para estocástica	Ejemplo numérico determinista 3 ítems
Löhndorf et al. (2014)	Procedimiento iterativo de optimización basado en simulación. <i>Setups</i> dependientes de la secuencia	Estudio de simulación 10, 20, 30 ítems

De entre los procedimientos heurísticos mostrados en la tabla, se han seleccionado para el estudio de simulación algunos de los más relevantes por su impacto en la literatura y su interés para destacar las conclusiones de esta tesis. Los procedimientos heurísticos considerados son los presentados en Vergin y Lee (1978), Leachman y Gascon (1988), Fransoo (1993) y Leven y Segerstedt (2007), que se describen en detalle en el capítulo 4.

## **2.4 La complejidad en la cadena de suministro**

En general, el término complejidad se asocia a sistemas que resultan difíciles de comprender, describir, predecir o controlar. El estudio de la complejidad comprende un amplio ámbito desde la complejidad computacional hasta complejidad biológica o social (Sivadasan et al. 2006). Por ello, no es sencillo encontrar en la literatura una definición precisa del término. De hecho, las diferentes definiciones se encuentran íntimamente ligadas al ámbito de aplicación en el que se emplea cada una de ellas. Como apunta Scuricini (1988), la complejidad es una cualidad subjetiva, y su significado y su valor cambian en función del alcance del sistema considerado.

En primer lugar, una de las acepciones más empleadas del término, es bajo el concepto de complejidad algorítmica según el enfoque planteado en Garey y Johnson (1979). Diversos estudios respecto a la complejidad algorítmica del ESLP han demostrado que se trata de un problema NP-Hard (Hsu 1983; Gallego y Shaw 1997; Yao y Elmaghraby 2001). Bajo esta afirmación se asume que obtener una solución analítica al problema sin relajar algunas de las restricciones es virtualmente imposible (Chan et al. 2013).

Con respecto a la complejidad en relación con la cantidad y la variabilidad de factores que afectan a la gestión de la cadena de suministro, es interesante la clasificación presentada por Coronado-Hernandez (2015). En ella se abordan los diferentes enfoques de multitud de autores, y se presenta herramientas para la medida de la complejidad. En lo que respecta a esta tesis nos centramos en los conceptos de complejidad estática o estructural y complejidad dinámica o incertidumbre. La complejidad estática se define como la cantidad esperada de información necesaria para describir el estado de un sistema dependiendo de la cantidad y variedad de elementos que describen la estructura de la cadena de suministro (Frizelle y Woodcock 1995; Frizelle 1996; Modrak y Semanco 2012). Por el contrario, el término complejidad dinámica hace referencia a la incertidumbre en la cadena de suministro e involucra aspectos de tiempo y azar. Se define como la cantidad de información necesaria para describir el estado de desviación del sistema respecto a lo planificado debido a la incertidumbre (Deshmukh et al. 2015). Para Sivadasan et al. (2006) la complejidad dinámica se relaciona con las desviaciones e incertidumbre en la cadena de suministro, debido a fuentes externas e internas, tales como variaciones en la demanda, en fechas, cantidades, fallos de las máquinas o insuficiente confiabilidad en los proveedores.

Así, cuando en esta tesis se utiliza el término genérico de complejidad se hace refiriéndose a ella bajo la acepción de complejidad estructural introducida anteriormente. Del mismo modo, cuando se trata de forma genérica la influencia de la incertidumbre se está haciendo en relación con la definición de complejidad dinámica introducida. En este sentido, se consideran los términos complejidad e incertidumbre de acuerdo a la consideración de Garcia-Sabater (Garcia-Sabater 2015). En su trabajo, el autor menciona características intrínsecas al problema considerado que se pueden considerar factores o *drivers* de complejidad del problema. Así, menciona como *drivers* de complejidad más frecuentes en la cadena de suministro:



- Número de productos. Máquinas. Recursos
- Dimensionalidad de productos. Máquinas. Recursos
- Nivel de utilización
- Distancia hasta las holguras de capacidad
- Estabilidad de las decisiones
- Carácter dinámico de la demanda
- Carácter dinámico de disponibilidad de MP y recursos
- Tamaño de los plazos de entrega
- Limitación de los niveles de stock
- Comonalidad de productos y recursos
- Tasas de nacimiento/muerte
- Polivalencia operarios
- Centralidad de nodos
- Alternativas/sustitutos

Por otro lado, en el mismo trabajo, el autor cita como factores o *drivers* de incertidumbre más frecuentes en la cadena de suministro, los siguientes elementos:

- Variabilidad en los niveles de inventario
- Variabilidad en el cumplimiento de las órdenes
- Variabilidad en el rendimiento de las máquinas
- Variabilidad en los tiempos de entrega
- Variabilidad en los tiempos de operación
- Problemas de calidad
- Variabilidad en la disponibilidad de máquinas
- Retrasos en las entregas
- No predictibilidad de la demanda

Particularmente, en esta tesis se analiza el efecto sobre el modelo de algunos de estos *drivers* de complejidad e incertidumbre. En cuanto a factores de complejidad, se consideran la utilización del sistema, el número de artículos, y la homogeneidad en algunas características del conjunto de artículos, como demanda y ratios de utilización. En cuanto a factores de incertidumbre, se evalúa el efecto de mayores niveles de incertidumbre en la demanda. Estos aspectos se tratan con mayor profundidad al introducir el modelo en el capítulo 3.

## **2.5 Conclusiones**

En este capítulo se ha introducido el problema de programación del lote económico ELSP, partiendo del modelo básico del lote económico de pedido EOQ (Harris 1913). Se ha presentado la técnicas para la determinación de los tiempos de ciclo, y se han presentado algunas de las modificaciones sobre la definición clásica del problema (Bomberger 1966; Madigan 1968; Doll y Whybark 1973), que más atención han recibido en la literatura. Por su interés en relación con el estudio de esta tesis se ha revisado diferentes aproximaciones al SELSP, y se han introducido algunas de las reglas heurísticas más empleadas, tanto para la determinación de los tiempos de ciclo bajo demanda determinista, como para la programación de los lotes bajo demanda estocástica.

También se ha introducido los conceptos de complejidad e incertidumbre tal como se tratan en esta tesis, y algunas de las contribuciones más importantes en la bibliografía en relación con la complejidad en la cadena de suministro. Por último, se han descrito diferentes *drivers* de complejidad e incertidumbre considerados en la cadena de suministro, y se han citado los *drivers* de complejidad e incertidumbre considerados en el análisis experimental de esta tesis.

# Capítulo 3

## Modelado del SELSP

### 3.1 Introducción

En el presente capítulo se presenta el modelo general del problema de programación del lote económico con el que se ha trabajado en el estudio de simulación. Se introduce la notación empleada, se detallan las características básicas del problema abordado y del modelo correspondiente, y se presenta la problemática relacionada con el establecimiento de patrones cíclicos de producción a través del tiempo de ciclo de los artículos. Se describen en detalle las implicaciones de las aproximaciones para el cálculo de los tiempos de ciclo que se han usado en los procedimientos heurísticos descritos en el siguiente capítulo. En la siguiente sección, se describe la problemática relacionada con el problema de secuenciación y lanzamiento, y su estrecha vinculación con el propio problema de lotificación, y se describen algunas de las aproximaciones para su resolución empleadas en las heurísticas que se describen en el capítulo 4. A continuación se presenta un breve análisis teórico acerca de la influencia sobre el coste total de algunos de los factores de complejidad analizados en la simulación. Por último se introducen las heurísticas que serán posteriormente descritas en detalle en el capítulo 4, y se describen los criterios seguidos respecto a algunos de los aspectos comunes a todas las reglas de decisión.

### 3.2 Notación

La notación empleada para el modelado del problema se muestra en la Tabla 3.1

Tabla 3.1 Notación

Símbolo	Definición
$i$	Índice de producto, $i = 1, 2, \dots, g$
$j$	Índice de lote, $j = 1, 2, \dots, M$
$d_i$	Demanda del producto $i$ en unidades por unidad de tiempo
$p_i$	Ratio de producción del producto $i$ en unidades por unidad de tiempo
$A_i$	Coste de <i>setup</i> del producto $i$ por lote de producción
$c_i$	Tiempo de <i>setup</i> del producto $i$ en unidades de tiempo por lote de producción
$h_i$	Coste de almacenamiento del producto $i$ por unidad y unidad de tiempo
$L_i$	Duración de la producción del lote del producto $i$ en unidades de tiempo
$I_i$	Inventario actual del producto $i$ en unidades
$ss_i$	Stock de seguridad del producto $i$ en unidades
$s_i$	Stock de reorden del producto $i$ en unidades
$S_i$	Stock de referencia ( <i>order up to level</i> ) del producto $i$ en unidades
$RO_i$	Ratio de cobertura del producto $i$ en unidades de tiempo
$\rho_i$	Ratio de utilización del producto $i$
$T_i$	Tiempo de ciclo del producto $i$ en unidades de tiempo
$T_i^{SI}$	Tiempo de ciclo mediante Solución Independiente del producto $i$ en unidades de tiempo
$T^{CC}$	Tiempo de ciclo mediante Ciclo Común del producto $i$ en unidades de tiempo
$T^{PB}$	Tiempo de ciclo mediante Periodo Básico del producto $i$ en unidades de tiempo
$TS_j$	Holgura del lote $j$
$CT$	Coste total

### 3.3 Modelo general

El modelo general del problema deriva del planteamiento original del problema del lote económico (Harris 1913), y su posterior ampliación al lote económico de producción *EMQ* (Taft 1918), que ha sido descrito en el capítulo 2. El modelo del lote económico expresa los costes de *setup* y los costes de almacenamiento para un artículo en función del tamaño de lote. En virtud de este planteamiento, es posible definir para el artículo un tamaño de lote tal que minimice la suma de ambos costes. La extensión al problema de secuenciación del lote económico surge a partir de la necesidad de acomodar patrones cíclicos de producción basados en el lote económico de producción para diferentes artículos en una única máquina.

Tal como describe de manera muy sencilla Elmaghraby (1978), en cada momento la máquina puede encontrarse o bien libre, o bien produciendo un artículo. Sin embargo, cuando dos o más artículos compiten por el uso de la máquina, más tarde o más temprano se produce el fenómeno de interferencia, es decir, la máquina será requerida para producir dos artículos al mismo tiempo, lo cual es físicamente imposible. La cuestión que se plantea es, por tanto, cómo establecer la secuencia de producción que minimice los costes, si se pretende mantener, por motivos de coste, patrones cíclicos de producción basados en el lote económico.

A partir de este planteamiento de la esencia del problema de secuenciación del lote económico, existen múltiples variantes en función de las características particulares asumidas en cada caso.

### 3.3.1 Características particulares del problema considerado

Desde su planteamiento formal (Bomberger 1966; Madigan 1968; Doll y Whybark 1973), se han estudiado múltiples variantes del problema en la literatura, tal como se ha mostrado en la revisión bibliográfica del estado del arte del capítulo 2.

En el problema tal como se ha considerado en este estudio, se asumen los siguientes supuestos:

- La máquina sólo puede procesar un único artículo en cada instante
- Los ratios de producción son deterministas y constantes
- Los costes y tiempos de *setup* son conocidos e independientes de la secuencia de producción
- Los costes de almacenamiento son directamente proporcionales a los niveles de inventario para cada artículo
- La capacidad de producción de la instalación es suficiente para satisfacer la demanda
- La demanda de los artículos es estocástica pero estacionaria, según una distribución normal de media y desviación típica conocidas
- Las roturas de stock, como demanda no satisfecha, derivan en venta perdida a un coste conocido

En los que únicamente los dos últimos, relativos al comportamiento de la demanda y a la escasez de inventarios, son diferentes a los supuestos del problema general descritos en el capítulo anterior. El objetivo de una determinada estrategia de producción será minimizar

el coste total resultante de la suma de los costes de almacenamiento, costes de *setup* y costes de ventas perdidas.

### 3.3.2 Desarrollo del modelo

En la construcción del modelo, se consideran los elementos que intervienen en las dos decisiones fundamentales del problema, la decisión de lotificación, a través de la determinación del tiempo de ciclo, y la decisión de secuenciación.

#### 3.3.2.1 El problema de lotificación y los tiempos de ciclo

Según la descripción del modelo general, presentada al inicio de esta sección, el problema de programación del lote económico se centra en la necesidad de acomodar patrones cíclicos de producción evitando la aparición del fenómeno de interferencia, entendida como la necesidad del uso de la máquina por parte de dos artículos al mismo tiempo. La duración del periodo en el que se acomodan estos patrones cíclicos para cada artículo  $i$ , se denomina tiempo de ciclo,  $T_i$ .

La Figura 3.1 muestra la evolución del inventario de un artículo en función del tiempo, en relación con su tiempo de ciclo. En cada ciclo básico, se produce un lote por la cantidad necesaria para satisfacer la demanda durante el tiempo de ciclo  $Q_i = d_i T_i$ . El tiempo necesario para fabricar esa cantidad de producto, es decir la duración del lote de producción, teniendo en cuenta el ratio de producción por unidad de tiempo  $p_i$ , será:

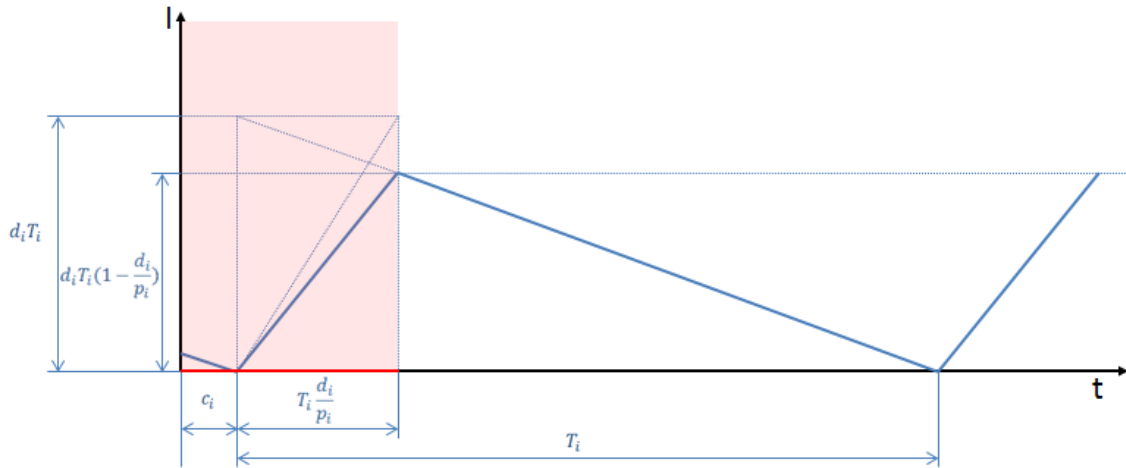
$$L_i = \frac{d_i T_i}{p_i} \quad (3.1)$$

Teniendo en cuenta que durante este tiempo en el que se está produciendo el lote la demanda no se interrumpe, el nivel máximo de inventario  $I_{max_i}$  que se alcanza es por tanto:

$$I_{max_i} = d_i T_i \left(1 - \frac{d_i}{p_i}\right) \quad (3.2)$$

Y en relación con ello el inventario medio para cada artículo  $\bar{I}_i$  será el expresado en (3.3):

$$\bar{I}_i = \frac{d_i T_i}{2} \left(1 - \frac{d_i}{p_i}\right) \quad (3.3)$$



**Figura 3.1.** Inventario del artículo  $i$  frente al tiempo. Modelo general

Por último, la capacidad de máquina ocupada por cada artículo en un ciclo es la correspondiente a la ocupación  $L_i$  durante la duración del lote expresada en (3.1) y el tiempo de preparación  $c_i$ , expresada en rojo sobre el eje de abscisas en la figura.

En la Figura 3.1, se muestra el modelo descrito para un único artículo  $i$ . En el ELSP, la extensión de este problema a un número  $g$  de ítems añade el problema de secuenciación, en el que todos los artículos compiten por el uso de la máquina.

Para la determinación de los tiempos de ciclo, tal como se ha visto en la revisión del estado del arte del capítulo 2, la aproximación basada en el lote económico para cada artículo, denominada solución independiente, SI, es evidentemente la solución que a priori plantea el coste mínimo.

El tiempo de ciclo para cada artículo mediante este planteamiento es el definido en (3.4):

$$T^{SI}_i = \sqrt{\frac{2A_i}{h_i d_i \left(1 - \frac{d_i}{p_i}\right)}} \quad (3.4)$$

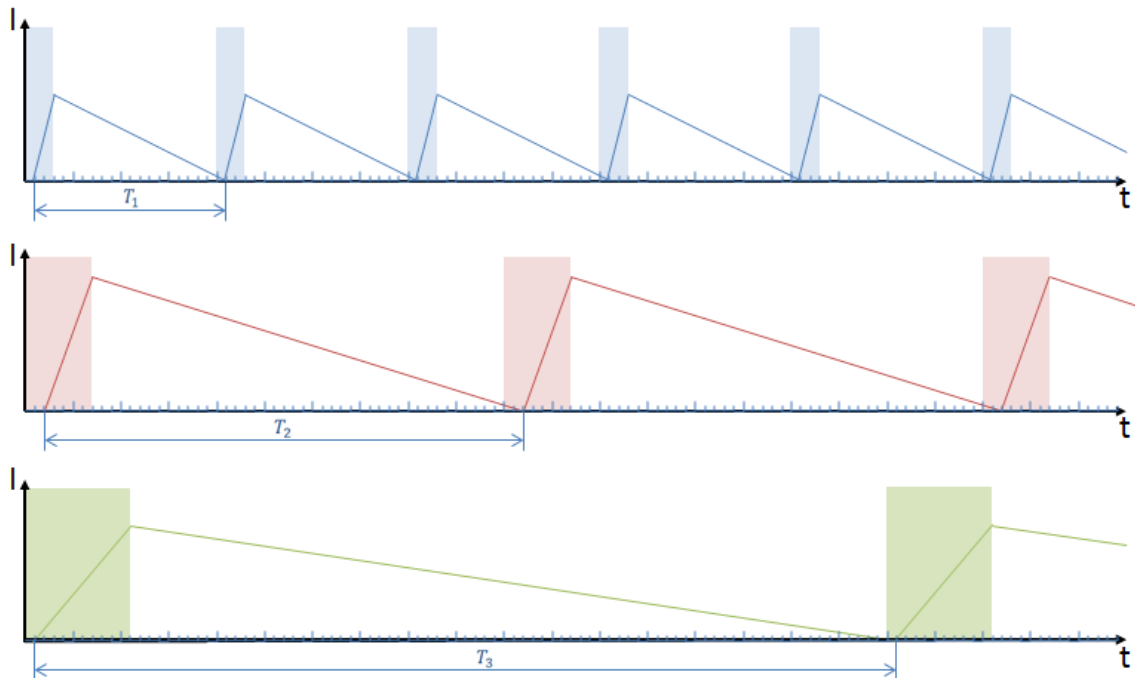
A continuación, se ilustra un pequeño ejemplo de un caso para  $g=3$  ítems, que va a ser empleado recurrentemente en esta sección. Mediante este ejemplo se pretende destacar la elevada complejidad del problema de lotificación incluso en condiciones ideales de demanda determinista. En primer lugar la, Tabla 3.2. muestra los datos para la lotificación calculada mediante la aproximación de solución independiente.

**Tabla 3.2** Datos ejemplo numérico  $g=3$  ítems. Tiempos de ciclo SI.

Artículo ( $i$ )	Ratio de producción (Uds/día)	Coste de Setup	Tiempo de Setup (Hrs)	Coste de Almacenamiento	Demanda (Uds/día)	$T^{SI}$	Duración lote (días)	Ocupación de máquina (días)
1	2000	15	8	0,1	200,00	20,0	2,0	3,0
2	1000	30	16	0,064	100,00	50,0	5,0	7,0
3	3300	11	8	0,002	367,00	90,0	10,0	11,0

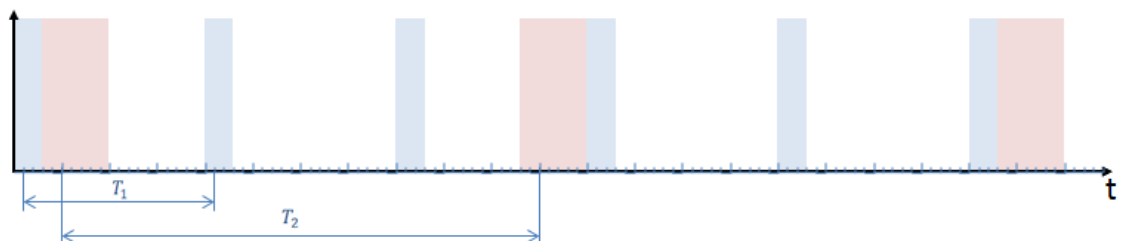
Con este conjunto de datos, la utilización del sistema  $\rho = \sum_i \rho_i$ , entendida como el sumatorio del ratio de utilización para cada artículo, es  $\rho = \sum_i \frac{d_i}{p_i} = 0.31$ .

La Figura 3.2, muestra los niveles de inventario, y la ocupación de máquina de cada uno de los artículos para el ejemplo planteado. La zona sombreada en color para cada uno de los artículos representa el tiempo de uso de máquina de cada uno de ellos, tanto en *setup* como en producción.



**Figura 3.2.** Inventario y ocupación de máquina para  $g=3$  ítems. Tiempos de ciclo SI.

Como se desprende de los datos mostrados en la Tabla 3.2, el artículo 1 tiene un tiempo de ciclo óptimo  $T_1 = 20$  días, con una duración por lote,  $L_i$  calculada según la expresión (3.1), de 2 días, y una ocupación de máquina de 3 días, teniendo en cuenta el tiempo de *setup*. Según esto, en cada ciclo del artículo 1 sólo existe un “hueco” de disponibilidad de máquina de 17 días. En este hueco es posible introducir la producción del artículo 2, con una ocupación de máquina de 7 días. Incluso es posible hacerlo de manera que permita generar un patrón cíclico de producción sin que se produzca solape entre las necesidades de uso de máquina, tal como se muestra en la Figura 3.3.



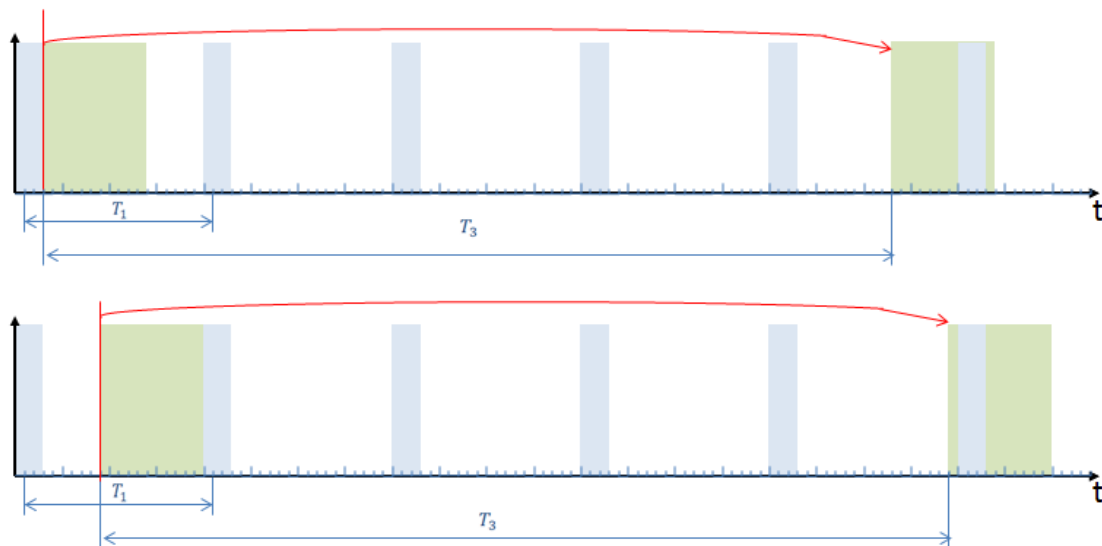
**Figura 3.3.** Ajuste de patrones cíclicos basados en SI para ítems 1 y 2

Como se observa en la figura, es posible establecer lo que se denomina una secuencia general cíclica (General Cyclic Schedule, GCS) para la combinación de los dos tiempos de ciclo de los artículos (Gallego y Shaw 1997). El patrón cíclico de la producción combinada de



ambos artículos, tiene una duración de 100 periodos de tiempo. Este valor es precisamente el mínimo común múltiplo de los tiempos de ciclo de los artículos 1 y 2,  $m. c. m. \{T_1, T_2\}$ . Será posible trabajar con este patrón cíclico común a ambos artículos siempre que la ocupación de máquina de uno de ellos en su ciclo óptimo se pueda acoplar en los periodos libres de ocupación que deja el ciclo óptimo del otro artículo.

Sin embargo, no es posible acoplar dentro de este patrón el patrón de producción del artículo 3 para el tiempo de ciclo calculado según SI. Ni tan siquiera es posible combinarlo únicamente con el del artículo 1. Como se observa en la Figura 3.4, no existe posibilidad de combinar el ciclo óptimo del artículo 3, con periodos de ocupación de máquina de 11 días, separados por el tiempo de ciclo  $T_3$  de 90 días, en el ciclo óptimo del artículo 1, con un tiempo de ciclo de 20 días y un periodo de ocupación de 3 días. En general, se considera que existen dos restricciones al problema de establecer patrones cíclicos (Alle et al. 2004). La restricción de capacidad, debida a que los ratios de producción son finitos, y la restricción de sincronización, debida a que la máquina no es capaz producir dos artículos simultáneamente. En el ejemplo planteado, aún cumpliendo la restricción de capacidad, no es posible cumplir con la restricción de sincronización para los datos del ejemplo.



**Figura 3.4.** Ajuste de patrones cíclicos basados en SI para ítems 1 y 3

Con la sencilla ilustración numérica presentada a partir de los datos de la Tabla 3.2, se aprecia el grado de dificultad que implica mantener la estrategia de producción basada en tiempos de ciclo óptimos, calculado mediante SI, incluso para un reducido número de ítems a un bajo nivel de utilización y bajo demanda determinista.

Como se ha descrito en la revisión del estado del arte, Hanssmann (1962) introduce el planteamiento de ciclo común para la determinación de los tiempos de ciclo de los artículos. Bajo este planteamiento se minimiza el coste total partiendo de la base de que todos los artículos comparten el mismo tiempo de ciclo (Ciclo común, CC). Así, el tiempo de ciclo para todos los artículos mediante este planteamiento es el definido en (3.5).

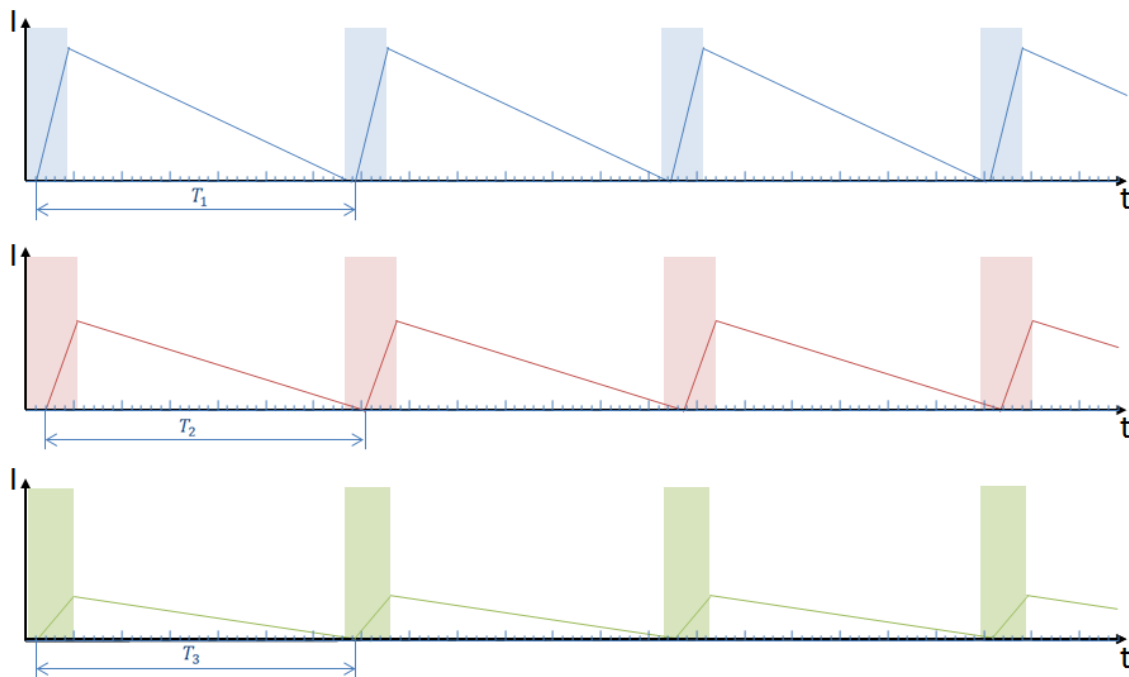
$$T^{CC} = \sqrt{\frac{2 \sum_{i=1}^g A_i}{\sum_{i=1}^g h_i d_i (1 - \frac{d_i}{p_i})}} \quad (3.5)$$

Es evidente que bajo esta aproximación, se simplifica el problema de acomodar patrones cíclicos de producción, puesto que todos los artículos comparten el mismo tiempo de ciclo, aunque la duración de cada lote y la ocupación de máquina de cada artículo vendrán determinadas por las características particulares de los artículos. Continuando con el sencillo ejemplo numérico planteado para ilustrar la aproximación de solución independiente, la Tabla 3.3 muestra los tiempos de ciclo, duración de lote y ocupación de máquina bajo una aproximación de ciclo común.

**Tabla 3.3** Datos ejemplo numérico  $g=3$  ítems. Tiempos de ciclo CC.

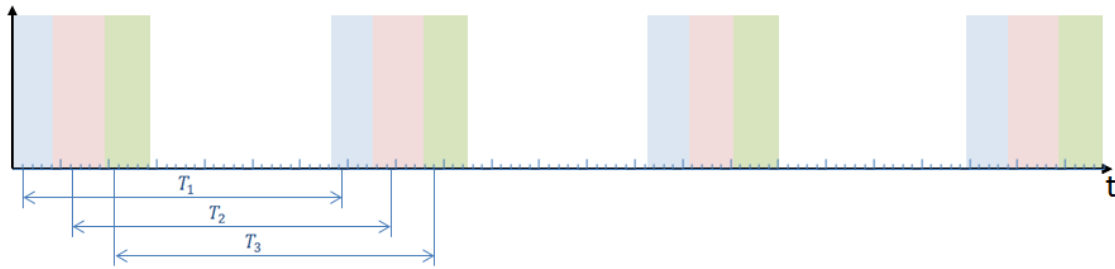
Artículo ( $i$ )	Ratio de producción (Uds/día)	Coste de Setup	Tiempo de Setup (Hrs)	Coste de Almacenamiento	Demanda (Uds/día)	$T^{CC}$	Duración lote (días)	Ocupación de máquina (días)
1	2000	15	8	0,1	200,00	33,2	3,3	4,3
2	1000	30	16	0,064	100,00	33,2	3,3	5,3
3	3300	11	8	0,002	367,00	33,2	3,7	4,7

En la Figura 3.5 se pueden observar los inventarios y ocupación de máquina para la lotificación planteada mediante la aproximación de ciclo común. Los tiempos de ciclo los artículos,  $T_i$ , son iguales para cada uno de los tres artículos, tomando el valor del ciclo común  $T^{CC}$ .



**Figura 3.5.** Inventario y ocupación de máquina para  $g=3$  ítems. Tiempos de ciclo CC.

Para esta aproximación, el establecimiento de la secuencia que permite acomodar patrones cíclicos de producción es inmediato, como puede observarse para el sencillo ejemplo planteado, en la Figura 3.6.



**Figura 3.6.** Ajuste de patrones cíclicos de producción para  $g=3$  ítems. Tiempos de ciclo CC.

Las interferencias se evitan de manera más sencilla en soluciones con ciclo común, con respecto a las situaciones en las que cada artículo tiene un tiempo de ciclo distinto. Sin embargo, la solución, muy probablemente, no será óptima puesto que la secuenciación más económica se produce por lo general con tiempos de ciclo diferentes para los artículos (Davis 1990). En este caso, puesto que la lotificación de cada artículo es diferente a la planteada en la aproximación mediante SI, el inventario máximo y medio de cada artículo se verán modificados, de acuerdo a las expresiones (3.2) y (3.3). Asimismo, el número de *setups* de cada artículo es diferente de la aproximación óptima, por lo que los costes resultantes son evidentemente mayores.

En la revisión del estado del arte del capítulo 2, se ha descrito también el método del periodo básico, PB, para la determinación de los tiempos de ciclo (Bomberger 1966), y el método iterativo de Doll y Whybark (1973) para el cálculo del periodo básico. Bajo esta aproximación los tiempos de ciclo de cada artículo,  $T_i$ , son diferentes pero siempre múltiplos del tiempo de ciclo denominado periodo básico,  $T^{PB}$ , en un factor  $k_i$  según la expresión:

$$T_i = k_i T^{PB} \tag{3.6}$$

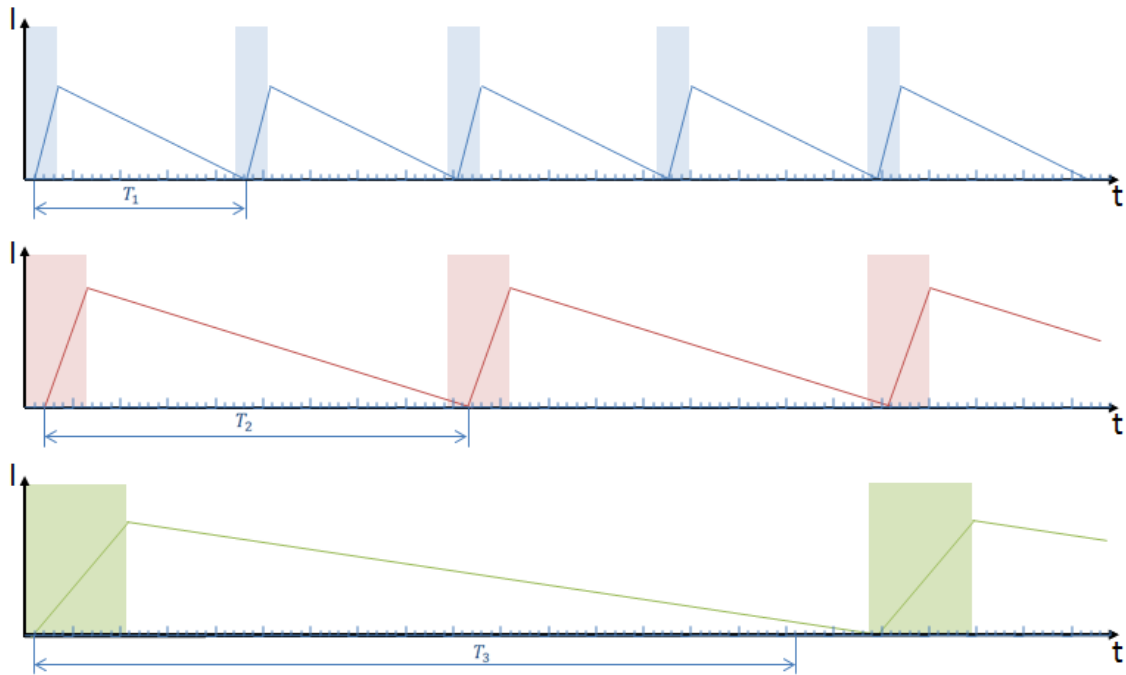
De este modo, el problema de secuenciación se simplifica porque resulta más sencillo establecer patrones cíclicos de producción al ser los tiempos de ciclo de todos los artículos múltiplos del mismo periodo básico.

Continuando de nuevo con el ejemplo numérico utilizado para los dos procedimientos anteriores, la Tabla 3.4 muestra los tiempos de ciclo, los valores de  $k_i$  y  $T^{PB}$ , calculados mediante el procedimiento iterativo descrito (Doll y Whybark 1973), así como la duración de lote y ocupación de máquina bajo una aproximación de periodo básico, PB.

**Tabla 3.4** Datos ejemplo numérico  $g=3$  ítems. Tiempos de ciclo PB.

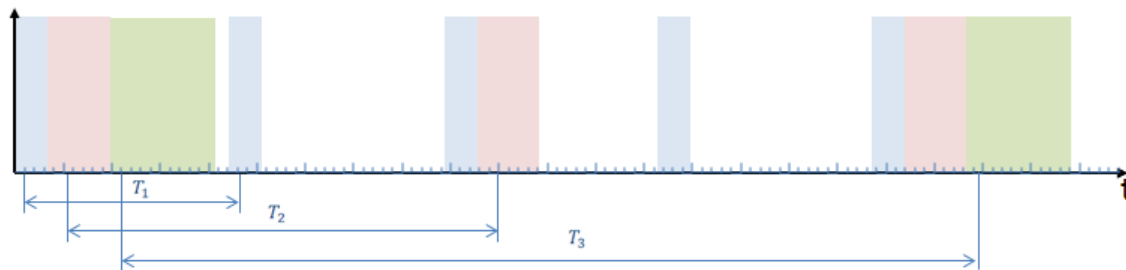
Artículo (i)	Ratio de producción (Uds/día)	Coste de Setup	Tiempo de Setup (Hrs)	Coste de Almacenamiento	Demanda (Uds/día)	$T^{PB}$	$k_i$	$T_i$	Duración lote (días)	Ocupación de máquina (días)
1	2000	15	8	0,1	200,00	22,12	1,0	22,12	2,2	3,2
2	1000	30	16	0,064	100,00		2,0	44,24	4,4	6,4
3	3300	11	8	0,002	367,00		4,0	88,48	9,8	10,8

En la Figura 3.7 se pueden observar los inventarios y ocupación de máquina para la lotificación planteada mediante la aproximación de periodo básico.



**Figura 3.7.** Inventario y ocupación de máquina para  $g=3$  ítems. Tiempos de ciclo PB.

La secuenciación que permite acomodar patrones cíclicos de producción es inmediata, como puede observarse en la Figura 3.8:



**Figura 3.8.** Ajuste de patrones cíclicos de producción para  $g=3$  ítems. Tiempos de ciclo PB.

Sobre el algoritmo iterativo empleado (Doll y Whybark 1973), en el trabajo de Fransoo (1993) se añade la condición de factibilidad expresada en (2.20), introducida por Elion (1962) y Haessler (1971), que como se vio en el capítulo 2 exige a un programa viable que exista el tiempo necesario para *setups* y fabricación de los lotes correspondientes dentro del periodo básico.

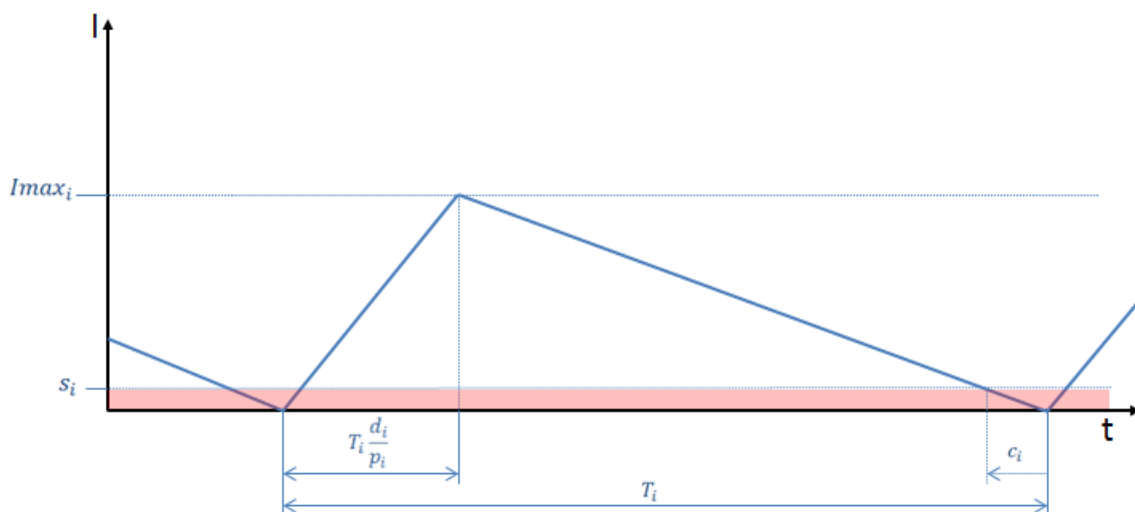
Hay que recordar que esta condición de factibilidad es condición necesaria pero no suficiente. Lo que exige (2.20) es que el tiempo de *setups* promedio por periodo básico sea menor que la capacidad disponible promedio para *setups* del sistema. En cambio, como se vio en el capítulo 2, la condición original (Bomberger 1966), como se expresa en (2.19) es mucho más dura al exigir que exista tiempo disponible en un periodo básico para realizar el *setup* de todos los ítems, lo cual no en todos los programas es necesario, en función de los tiempos de ciclo de cada artículo. De ahí que numerosos autores hayan recurrido a procedimientos iterativos como se ha descrito en la revisión del estado del arte.

De la misma manera que ocurría con la aproximación de ciclo común, mediante el periodo básico el nivel de inventario de los artículos, así como el número de *setups* es diferente del óptimo para cada artículo y por tanto el coste total  $TC$  de este planteamiento es también mayor.

### 3.3.2.2 El problema de secuenciación

En el apartado anterior se ha presentado el modelo que describe el comportamiento de los costes de almacenamiento y *setup* de los artículos en función del tiempo, y por tanto en relación con el tiempo de ciclo. Las diferentes aproximaciones para establecer tiempos de ciclo descritas no definen la estrategia de resolución del problema de secuenciación y lanzamiento. En algunos de los casos, la propia definición del tiempo de ciclo, como en la aproximación de ciclo común, elimina prácticamente el problema de secuenciación, por lo que ni siquiera se aborda. Sin embargo, en otros casos la aparición de interferencias es muy probable. En la práctica, esto puede derivar en que el coste real resultante de enfocar el problema a partir de una aproximación para el cálculo del tiempo de ciclo, sea finalmente muy superior al ideal esperado.

El problema de secuenciación y lanzamiento consiste en establecer la secuencia en la que los artículos van a ser producidos, y el momento exacto de su lanzamiento. La clasificación clásica en los criterios de lanzamiento los divide en dos grandes grupos: heurísticas de “punto de pedido” y heurísticas de “revisión periódica”. En las heurísticas de punto de pedido, el lanzamiento de la orden de producción de un artículo se produce cuando el inventario de éste alcanza un determinado valor, que se denomina stock de reorden,  $s_i$ . Volviendo al modelo general para un artículo, representado en la Figura 3.1 de este capítulo, en la Figura 3.9 se representa gráficamente la decisión de lanzamiento de un artículo en función de su inventario.



**Figura 3.9.** Stock de reorden del artículo  $i$ . Modelo general

Tal como aparece representado en la figura, la orden de producción comienza exactamente en el instante en el que el inventario del artículo es nulo. A partir de ese instante comienza

a incrementarse el inventario a una tasa de  $p_i - d_i$  durante el tiempo necesario para completar el stock necesario para satisfacer toda la demanda de un ciclo completo  $d_i T_i$ , que a esa tasa de incremento es un tiempo  $L_i = T_i d_i / p_i$ . Por tanto, para que no se produzca una rotura de stock, el inventario mínimo en el momento de la orden debe ser suficiente para satisfacer la demanda durante el tiempo necesario para el *setup*. Según:

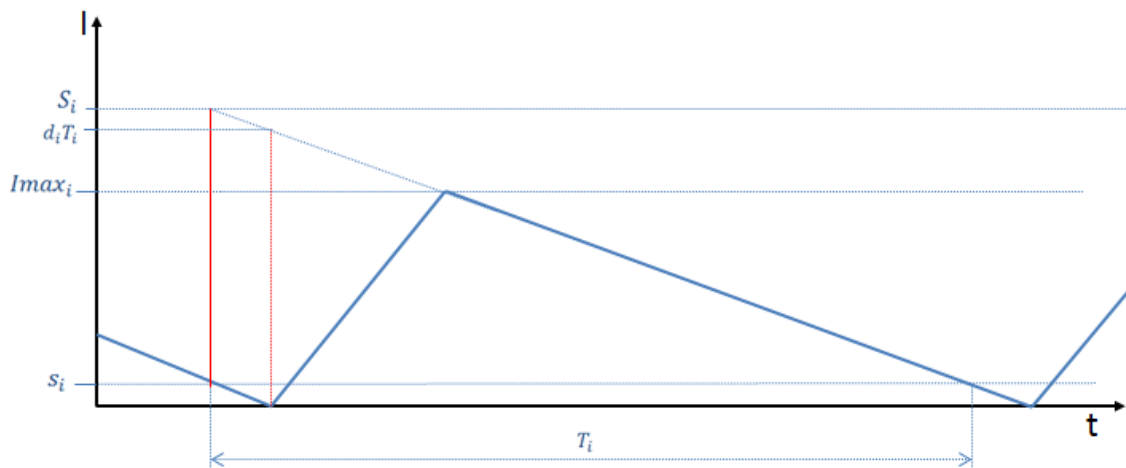
$$S_i = c_i d_i \tag{3.7}$$

En función de las características particulares del problema, en la literatura existen diferentes criterios para el cálculo de este stock de reorden teniendo en cuenta diferentes parámetros. En la sección 3.6.2 de este capítulo se describen diferentes técnicas para la determinación del stock de reorden de los artículos en las heurísticas.

Por otro lado, en los procedimientos de revisión periódica, los procesos de revisión y lanzamiento se producen en función del tiempo transcurrido desde el último lanzamiento y no en función del inventario del artículo. La Figura 3.10, representa el caso general para los mecanismos de revisión periódica, bajo la regla general conocida como  $(T, S)$  que en condiciones ideales es equivalente a la representada en la Figura 3.9. En el momento de la revisión, se lanza un lote por la cantidad  $Q_i$  correspondiente un inventario de referencia (*order up to level*)  $S_i$  menos el inventario en el instante de revisión  $I_i$ :

$$Q_i = S_i - I_i \tag{3.8}$$

Tal como aparece representado en la figura,  $S_i = c_i d_i + d_i T_i$ , y por tanto la situación es completamente análoga a la descrita en la Figura 3.9. A partir de ahí la revisión y lanzamiento se realizan cada  $T_i$  instantes de tiempo.



**Figura 3.10.** Revisión periódica del artículo  $i$ . Modelo general

Existen diferentes variantes respecto criterios de lanzamiento y tamaño de lote en las técnicas de revisión periódica. En la sección 3.6.2 de este capítulo se describen en detalle las técnicas empleadas en las heurísticas de los experimentos de este trabajo.

Ambos criterios de lanzamiento clásicos se han descrito para una situación con un único artículo, y en condiciones de demanda constante. Sin embargo, como se ha puesto de

manifiesto en el apartado anterior, cuando se aborda el problema de secuenciación del lote económico con varios artículos compitiendo por el uso de la instalación, y en condiciones de demanda no determinista, es probable que las decisiones de secuenciación y lanzamiento no conduzcan al resultado descrito. En el caso de emplear una regla de decisión basada en punto de pedido, es probable que el punto de pedido del artículo se alcance en un instante diferente al previsto, lo que conducirá a tiempos de ciclo diferentes de los previstos de ese artículo. Además, puede ocurrir que esta situación en la que se alcanza el punto de pedido se dé en un instante en el que la máquina está ocupada fabricando otro artículo, por lo que el lanzamiento deberá esperar, y podría darse el caso de que se produzca una rotura de stock. De igual modo para una regla de decisión basada en revisión periódica, el inventario en el momento de la revisión será probablemente diferente del previsto, lo que conduciría a lanzar un lote de diferente tamaño, con una duración diferente para la fabricación del lote, con la correspondiente desviación del ciclo óptimo.

Por este motivo, diversos autores (Leachman y Gascon 1988; Brander et al. 2005; Soman et al. 2006; Levén y Segerstedt 2007; Segerstedt 1999) introducen en su regla de decisión para la secuenciación el concepto de ratio de cobertura (*runout time*). El ratio de cobertura, expresado en unidades de tiempo, indica el tiempo el tiempo disponible antes de que se agote el inventario del artículo para la tasa de demanda considerada (Segerstedt 1998), según:

$$RO_i = \frac{I_i}{d_i} \quad (3.9)$$

A partir esta definición parece lógico plantear la ordenación de los artículos de menos a mayor ratio de cobertura para evitar la aparición de roturas de stock, según:

$$RO_1 < RO_2 < \dots < RO_g \quad (3.10)$$

En la sección 3.6.2 de este capítulo, se describen las variantes empleadas para el cálculo del ratio de cobertura en las heurísticas de los experimento de este trabajo.

Por otro lado, otro concepto frecuentemente empleado en la literatura (Bourland y Yano 1994; Leachman y Gascon 1988; Levén y Segerstedt 2007) en relación con la definición de la secuencia es el de holgura de un lote (*slack time*). Así, un determinado lote de un artículo tiene una holgura positiva cuando hay suficiente inventario disponible de ese artículo para satisfacer su demanda durante el tiempo necesario para producir los lotes programados antes que el suyo en la secuencia. De acuerdo con esto, ordenando la secuencia de los artículos según su ratio de cobertura la holgura del artículo  $j$  se expresará mediante:

$$TS_j = RO_j - \sum_{i=1}^{j-1} c_i - \sum_{i=1}^{j-1} \frac{T_i d_i}{p_i} \quad (3.11)$$

$j = 2, 3, \dots, g$

Profundizando en este concepto, (Levén y Segerstedt 2007) introducen la posibilidad de que existan dos lotes del mismo ítem programados en la secuencia de producción prevista. En este caso, la holgura del lote  $j$  se expresará mediante:

$$TS_j = \frac{I_{r(j)}}{d_{r(j)}} + \frac{T_{r(j)}d_{r(j)}k_j}{d_{r(j)}} - \sum_{m=1}^j c_{r(m)} - \sum_{m=1}^{j-1} \frac{T_{r(m)}d_{r(m)}}{p_{r(m)}} \quad (3.12)$$

Donde  $r(j)$  es una función que indica el artículo al que corresponde el lote  $j$ , y  $k_j$  es el índice del lote  $j$  para un ítem. Así, el primer lote del artículo  $r(j) = i$  tendrá un  $k_j = 0$ , el siguiente lote  $l$  del mismo artículo  $r(l) = i$ ,  $l > j$  tendrá un  $k_l = 1$  y así sucesivamente.

El concepto de holgura definido en las expresiones (3.11) y (3.12), basado en el concepto de ratio de cobertura, permite anticipar la aparición de una rotura de stock en la secuenciación prevista. A partir de este concepto, existen diferentes criterios de secuenciación y lanzamiento que plantean la posibilidad de adelantar los lanzamientos de los artículos para evitar la aparición de roturas de stock. En la sección 3.6.2 de este capítulo se describen con más detalle los criterios utilizados por cada heurística empleada, en relación con el concepto de holgura.

### 3.4 Drivers de complejidad e incertidumbre en el modelo

A partir del modelo general descrito en la sección anterior, es posible considerar la influencia que algunos de los *drivers* de complejidad e incertidumbre considerados tienen sobre los parámetros del modelo. Se emplea el término *driver* de acuerdo a su definición introducida en el capítulo de estado del arte. Así denominamos *driver* de complejidad y *driver* de incertidumbre a aquellos factores del problema cuya variación tiene un efecto directo sobre el problema analizado. La consideración del efecto sobre el modelo de estos factores será fundamental en el análisis y discusión de los resultados del estudio de simulación realizado.

#### 3.4.1 Número de artículos

Como plantea Rogers (1958), es más probable conseguir secuenciar la producción cuando hay pocos artículos compartiendo la misma instalación y cuando hay tiempo libre en el programa debido a unos altos ratios de producción en relación con los ratios de demanda. En el caso de muchos artículos, la posibilidad de interferencia se incrementa. Esta afirmación se deriva intuitivamente de la ilustración numérica planteada en la sección 3.3.2.1, y la Figura 3.2.

Para establecer la relación entre el coste total y el número de ítems, partimos del planteamiento de un data set homogéneo, similar al empleado en Vaughan (2007). Asumiendo un conjunto de  $g$  ítems, todos ellos con características homogéneas, es posible establecer la relación teórica del coste total con el incremento del número de artículos. Partiendo del caso para un único artículo con coste de *setup*  $A$ , coste de almacenamiento  $h$ , ratio de producción  $p$  y ratio de demanda  $d$ , el coste total  $CT_1$  se expresa mediante la fórmula clásica de *EMQ*:



$$CT_1 = \sqrt{2Ahd\left(1 - \frac{d}{p}\right)} \quad (3.13)$$

Se considera a su vez un sistema con la misma utilización, compuesto por un conjunto homogéneo de  $g$  ítems, tal que:

$$\begin{aligned} A_i &= A \quad \forall i = 1, 2, \dots, g \\ h_i &= h \quad \forall i = 1, 2, \dots, g \\ p_i &= p \quad \forall i = 1, 2, \dots, g \\ d_i &= \frac{d}{g} \quad \forall i = 1, 2, \dots, g \end{aligned} \quad (3.14)$$

El coste total para este sistema  $CT_g$ , mediante la aproximación de solución independiente es:

$$CT_g = \sum_{i=1}^g \sqrt{2A_i h_i d_i \left(1 - \frac{d_i}{p_i}\right)} \quad (3.15)$$

Expresión que, en base a las relaciones definidas en (3.14) se puede expresar como:

$$CT_g = \sqrt{g2Ahd\left(1 - \frac{d}{gp}\right)} \quad (3.16)$$

Así es posible establecer una sencilla relación entre las expresiones (3.13) y (3.16) según:

$$\frac{CT_g}{CT_1} = \frac{\sqrt{g2Ahd\left(1 - \frac{d}{gp}\right)}}{\sqrt{2Ahd\left(1 - \frac{d}{p}\right)}} \quad (3.17)$$

De donde:

$$CT_g = CT_1 \sqrt{g} \sqrt{\frac{1 - \frac{d}{gp}}{1 - \frac{d}{p}}} = CT_1 \sqrt{\frac{gp-d}{p-d}} \quad (3.18)$$

De la expresión (3.18) se desprende que, para la situación concreta descrita, ante un enfoque *ceteris paribus*, constantes todos los parámetros (tomando la demanda del sistema en relación con la utilización), el coste total con respecto al número de artículos se incrementa según  $\sqrt{g}$ .

### 3.4.2 Homogeneidad de las características de los artículos

Otro de los factores de complejidad que se analiza en el experimento de simulación de esta tesis es la homogeneidad en las características de los artículos. Como se ha introducido en la sección anterior, la solución al problema ELSP pasa por alcanzar patrones cíclicos de producción para el conjunto de los artículos. Intuitivamente resulta evidente que cuanto mayor es la disparidad de las características de los artículos y de la relación entre ellas, menor probabilidad de poder acomodar los tiempo de ciclo particulares a patrones repetitivos. De nuevo, recurriendo al ejemplo más simple del conjunto de artículos de características homogéneas, descrito en el apartado anterior para  $g$  ítems, todos ellos compartirán el mismo tiempo de ciclo óptimo  $T^{SI}_i$ , según la expresión (3.4).

En esta situación para el conjunto de  $g$  artículos el coste total, CT, para la aproximación mediante solución independiente es el expresado en (3.15), y en concreto para el caso homogéneo descrito resulta en la expresión (3.16).

La aproximación mediante ciclo común, pretende simplificar el problema de secuenciación y lanzamiento mediante el planteamiento de un único ciclo para todos los ítems. Lógicamente, al ser todos los ítems iguales, su tiempo de ciclo óptimo es el mismo, por lo que se puede concluir que será posible trabajar con un tiempo de ciclo común  $T^{CC}$  para todos los ítems coincidente con el ciclo óptimo. Así, el tiempo de ciclo común para todos los artículos,  $T^{CC}$  se determina mediante la expresión (3.5). Para el caso particular con data set homogéneo planteado, esta expresión resulta en:

$$T^{CC} = \sqrt{\frac{2 \sum_{i=1}^g A_i}{\sum_{i=1}^g h_i d_i (1 - \frac{d_i}{p_i})}} = \sqrt{\frac{2gA}{ghd(1 - \frac{d}{p})}} = \sqrt{\frac{2A}{hd(1 - \frac{d}{p})}} \quad (3.19)$$

Expresión que evidentemente coincide con el tiempo de ciclo óptimo, igual para todos los ítems  $T^{SI}_i$ . Así pues, ante un conjunto homogéneo como el descrito, una aproximación por ciclo común resultará en un tiempo de ciclo  $T^{CC}=T^{SI}_i$ . Ante esta situación es evidente que ambas aproximaciones conducen a los mismos tiempos de ciclo para los ítems y por tanto siguen exactamente la misma política de lotificación y derivarán en el mismo coste.

Del mismo modo, la aproximación para el cálculo de los tiempos de ciclo mediante periodo básico pretende encontrar el patrón cíclico con el menor coste posible cumpliendo:

$$T_i = k_i T^{PB} \quad (3.20)$$

Para la situación hipotética planteada, esto será posible al compartir todos los ítems el mismo tiempo de ciclo óptimo  $T^{SI}_i$ , cumpliendo:

$$\begin{aligned} T^{PB} &= T^{SI}_i \quad \forall i = 1, 2, \dots, g \\ k_i &= 1 \quad \forall i = 1, 2, \dots, g \end{aligned} \quad (3.21)$$

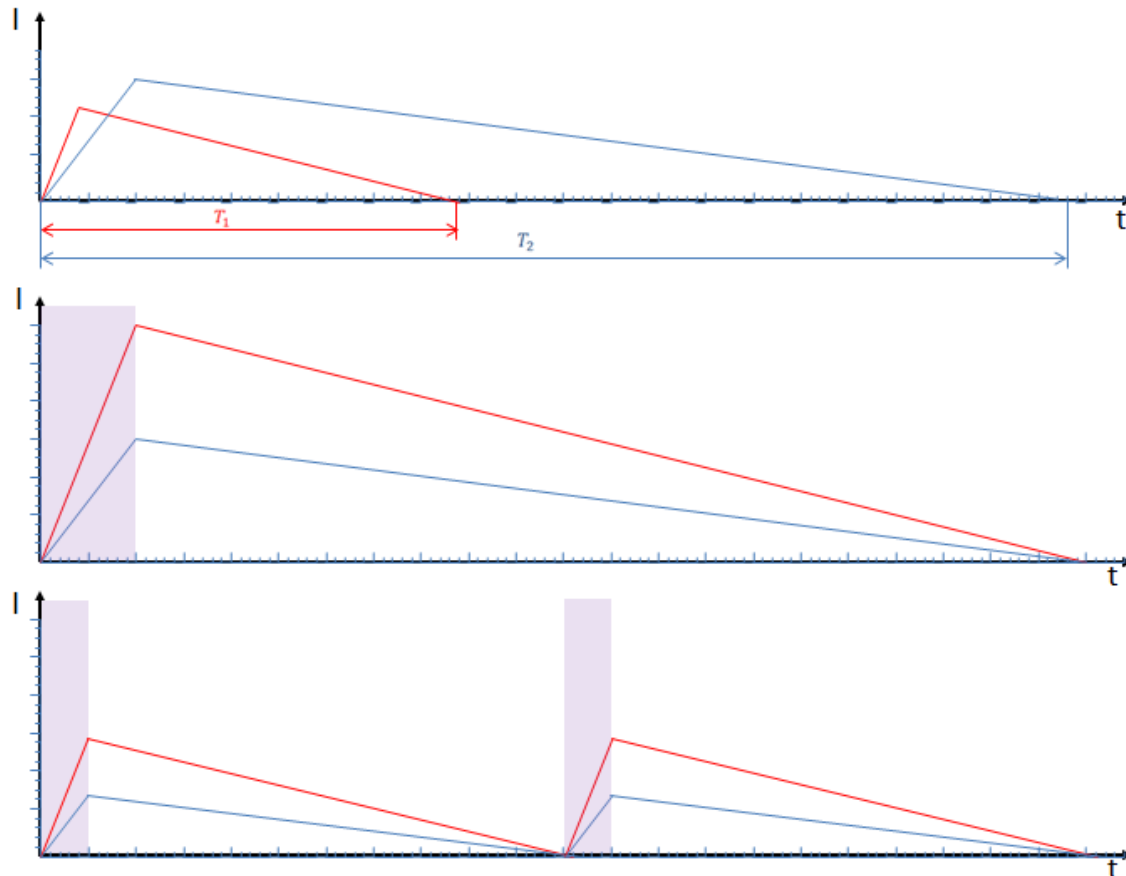
Por tanto, en el caso de un data set completamente homogéneo, las tres estrategias de cálculo de los tiempos de ciclo presentadas en la sección anterior, SI, CC y PB, coinciden en los tiempos de ciclo de los ítems y por tanto en los costes totales. A partir de esta conclusión, se deduce que la homogeneidad del propio data set tendrá un efecto directo en las diferencias en el coste total derivado de las diferentes estrategias de lotificación.

### 3.4.3 Dimensionalidad. Homogeneidad del ratio de utilización $\rho_i$

El ratio de utilización del sistema, es el resultante de la suma de los ratios de utilización individuales de los artículos, según:

$$\rho = \sum_{i=1}^g \rho_i = \sum_{i=1}^g \frac{d_i}{p_i} \quad (3.22)$$

En un conjunto de datos existe dimensionalidad, cuando la relación entre los ratios de demanda y los ratios de producción son comparables, es decir, cuando los artículos presentan ratios de utilización semejantes. Cuando esto ocurre, los tiempos de producción necesarios para satisfacer la demanda durante un determinado periodo de tiempo son comparables entre los artículos. La Figura 3.11, muestra dos artículos con ratios de demanda y ratios de producción diferentes. Ambos artículos tienen tiempos de ciclo óptimos  $T^{SI}_i$  independientes. Para el caso reflejado en la figura, existe dimensionalidad entre los artículos, al ser el ratio de utilización  $\rho_i$  de ambos artículos el mismo. Jones y Inman (1989) sugieren que es más factible que la aproximación de ciclo común, CC, genere soluciones cercanas al óptimo en un escenario con tiempos de *setup* relativamente pequeños. En ese escenario, el tiempo de producción en la situación descrita en la figura, para satisfacer el mismo periodo de demanda es prácticamente el mismo. Esto se desprende de la propia definición del tiempo de producción  $L_i$  expresada en (3.1). Cuando dos artículos se fabrican con un mismo tiempo de ciclo su tiempo de producción es el mismo.



**Figura 3.11.** Representación gráfica Data set con homogeneidad en utilización. 2 artículos

De este modo, en esta situación particular del modelo, ante la aproximación para el cálculo de los tiempos de ciclo mediante CC, todos los artículos compartirán el mismo tiempo de producción en la máquina, de modo que la distribución de uso de máquina es equitativa para todos los artículos en el ciclo. Análogamente, en la aproximación de periodo básico, PB, para esta situación, la relación entre los tiempos de ciclo de los artículos,  $k_i$  será la misma entre los tiempos de producción. Cuando ocurre esta situación, las estrategias de secuenciación juegan acoplando periodos de tiempo iguales o múltiplos entre sí, para todos los artículos, tanto en el periodo entre lanzamientos como en la duración de los propios procesos.

### 3.4.4 Variabilidad de la demanda

Tal como se introdujo en el capítulo 2, el *driver* de incertidumbre incorporado en el modelo para el estudio de simulación es la variabilidad de la demanda. Uno de los supuestos básicos del modelo tradicional del problema de secuenciación del lote económico es que la demanda es determinista y constante. La versión del problema que considera la estocasticidad de la demanda se suele denominar SELSP. Como se introdujo en el capítulo 2, en esta tesis se ha modelado lo comportamiento estocástico de la demanda mediante uno de los procedimientos más habituales en la literatura (Brander et al. 2005; Soman et al. 2006; Brander y Forsberg 2006; Leachman y Gascon 1988; Levén y Segerstedt 2007; Vidal-

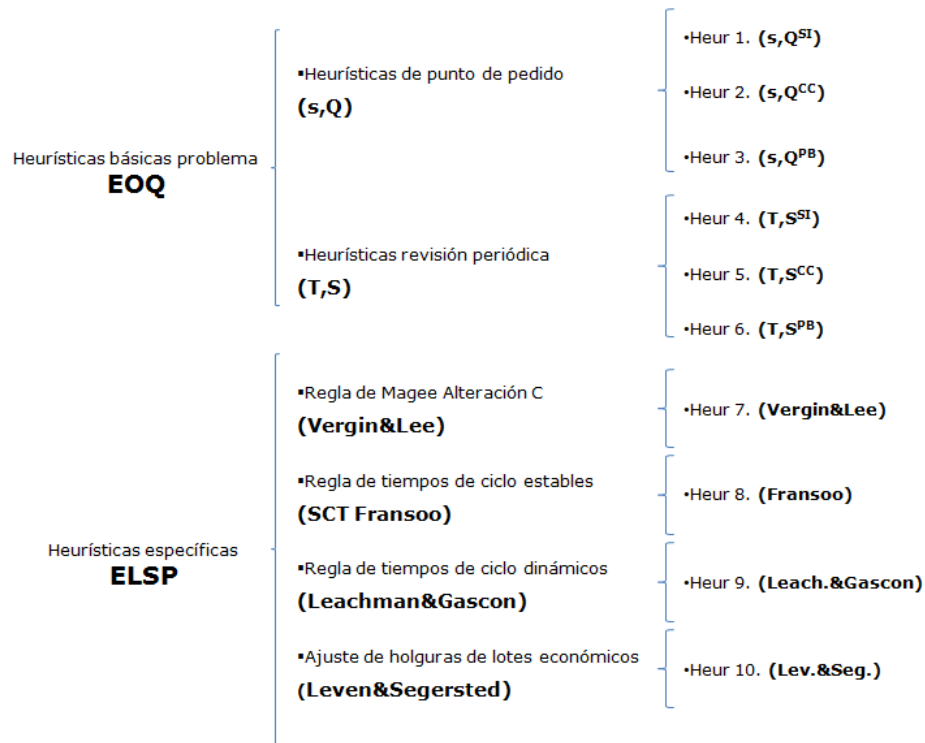
Carreras 2011; Fransoo et al. 1995). Este modelo de comportamiento consiste en considerar existencia de demanda en todos los periodos, y asumir que la cantidad demandada sigue una distribución normal de media y varianza conocidas, cuyos valores se describen en detalle en el capítulo de los factores experimentales.

### 3.5 Presentación de las heurísticas

Una vez descrito el modelo general con el que se trabaja en el estudio de simulación, en esta sección se introducen y clasifican las heurísticas cuyo comportamiento, ante diferentes estados de los *drivers* de complejidad e incertidumbre, se analiza en los experimentos. Cada una de estas heurísticas implica un procedimiento estructurado de toma de decisiones que concluye determinando cuál es la acción que debe ser ejecutada en la máquina en cada momento. La estructura general de todas ellas es similar, y se describe en el siguiente capítulo. Las heurísticas empleadas difieren entre sí en los criterios manejados para la toma de las dos decisiones críticas del problema de secuenciación del lote económico; la decisión de lotificación, a través del tiempo de ciclo, y la decisión de secuenciación. Algunas de las heurísticas empleadas se basan en procedimientos clásicos utilizados en el problema del lote económico de pedido, mientras que algunas otras consideran procedimientos de decisión considerablemente más elaborados.

Un primer grupo de seis heurísticas emplea dos de los criterios clásicos para el lanzamiento de las órdenes más empleados en gestión de stocks. En primer lugar, tres de ellas las heurísticas emplean el lanzamiento por “punto de pedido”. Dentro de este conjunto de heurísticas de “punto de pedido” se ha trabajado con diferentes criterios de lotificación a través del método empleado para el cálculo del tiempo de ciclo. Se consideran los métodos de solución independiente SI (Harris 1913), ciclo común CC (Hanssmann 1962) y periodo básico PB (Bomberger 1966). En segundo lugar, las otras tres heurísticas de este grupo recurren como criterio para el lanzamiento al mecanismo clásico de “revisión periódica”. De nuevo, se han empleado para ese grupo de heurísticas los mismos tres criterios de lotificación en relación con el método empleado para el cálculo del tiempo de ciclo; solución independiente SI, ciclo común CC y periodo básico PB.

Por otro lado, se ha trabajado con un segundo grupo compuesto por cuatro heurísticas específicas para el ELSP, estudiadas en los últimos años en la literatura. Se trata de heurísticas algo más complejas, con criterios de lanzamiento y lotificación diferentes, cuyo diseño se basa en las siguientes heurísticas: la heurística de Vergin y Lee (1978), la heurística de tiempo de ciclo dinámico introducida en Leachman y Gascon (1988), la heurística de tiempos de ciclo estables (SCT) de Fransoo (1993), y la heurística de Levén y Segerstedt (2007). Esto ha dado lugar a un conjunto de 10 heurísticas, cuyo comportamiento se ha analizado en el estudio de simulación descrito en el capítulo 6. La Figura 3.12 muestra una clasificación de las heurísticas empleadas:



**Figura 3.12.** Clasificación de las heurísticas empleadas en el estudio de simulación

### 3.6 Elementos comunes en las heurísticas

En los procesos de decisión de heurísticas con las que se ha trabajado, intervienen una serie de conceptos que son utilizados de forma generalizada por la mayoría de ellas. En este apartado se describen en detalle los criterios empleados, por cada heurística en particular, respecto a estos conceptos generales.

#### 3.6.1 Definición del tiempo de ciclo y el tamaño de lote

Tal como se ha mencionado en el capítulo 2 y en la descripción del modelo general de este capítulo en 3.3.2.1, los procedimientos de resolución clásicos del ELSP plantean para el subproblema de lotificación el uso de patrones cíclicos en el lanzamiento de las órdenes para cada artículo. Cuando la estrategia de producción se basa en la definición de patrones cíclicos existe una relación directa entre el lote de producción y el tiempo de ciclo para cada producto. (Winands et al. 2011) distinguen dos clases generales de políticas de lotificación:

*Políticas de lotificación global:* La decisión depende del estado completo del sistema, es decir, de los estados de inventario de cada uno de los productos y del estado de la máquina.

*Políticas de lotificación local:* La decisión depende únicamente del stock del producto preparado para ser lanzado en la máquina.

De acuerdo con esta clasificación, las heurísticas de punto de pedido, Heur1 (s,  $Q^{SI}$ ), Heur2 (s,  $Q^{CC}$ ) y Heur3 (s,  $Q^{PB}$ ), las heurísticas de revisión periódica, Heur4 (T,  $S^{SI}$ ), Heur5 (T,  $S^{CC}$ ), Heur6 (T,  $S^{PB}$ ), y la heurística Heur8 (Fransoo), siguen una política de lotificación local. En cambio, las variantes *preemptive* de las heurísticas de punto de pedido, heurísticas Heur1p (s,  $Q^{SI}$ ), Heur2p (s,  $Q^{CC}$ ) y Heur3p (s,  $Q^{PB}$ ), y las heurísticas Heur7 (Vergin & Lee), Heur9 (Leachman & Gascon) y Heur10 (Leven & Segersted), son claramente políticas de lotificación global, como se describirá en detalle más adelante.

En cuanto a la determinación de los tiempos de ciclo objetivo cada una de las heurísticas tratadas en el estudio de simulación emplea un criterio característico. A continuación se expresan los criterios seguidos para la determinación de los tiempos de ciclo en cada una de las heurísticas.

Así, dentro de las técnicas clásicas del EOQ, se han empleado en el estudio las de punto de pedido y revisión periódica, como criterio de lanzamiento. De este modo, las heurísticas Heur1 (s,  $Q^{SI}$ ) y Heur4 (T,  $S^{SI}$ ) emplean el mismo tiempo de ciclo SI, con diferente criterio de lanzamiento. De igual modo ocurre con las heurísticas Heur2 (s,  $Q^{CC}$ ) y Heur5 (T,  $S^{CC}$ ) que emplean tiempos de ciclo por ciclo común, y las heurísticas Heur3 (s,  $Q^{PB}$ ) y Heur6 (T,  $S^{PB}$ ) que emplean tiempos calculados mediante PB.

La heurística Heur7 (Vergin & Lee), basada en el procedimiento definido por Vergin y Lee (1978) a partir de una variante de la regla descrita en Magee y Boodman (1967), es la única de las empleadas que no se basa en la definición de patrones cíclicos de producción por artículo. Por lo tanto, en este sentido requiere de la definición de tiempos de ciclos por artículo. Tampoco se considera el tiempo de ciclo en el momento de lanzar un lote.

La heurística Heur8 (Fransoo), basada en la heurística de tiempos de ciclo estables *SCT*, *Stable Cycle Times* (Fransoo 1992), se centra precisamente en el objetivo de mantener los tiempos de ciclo estables durante el horizonte de planificación. Los tiempos de ciclo se calculan por el método de periodo básico (PB) introduciendo la condición de factibilidad descrita en Fransoo (1993).

En la heurística Heur9 (Leachman & Gascon), basada en la heurística de tiempos de ciclo dinámicos *DCT*, *Dynamic Cycle Times* (Leachman y Gascon 1988). En ella se emplea de nuevo el método de periodo básico para el cálculo de los tiempos de ciclo, aunque en el proceso de toma de decisión de la heurística, los tiempos de ciclo se ajustan en función de la posibilidad de aparición de roturas de stock en futuros lotes, mediante el procedimiento que se describirá en detalle en el siguiente capítulo

Por último, la heurística Heur10 (Leven & Segersted) se basa en la heurística de ajuste de tiempos de ciclo óptimo (Levén y Segerstedt 2007). En ella se emplea tiempos de ciclo calculados por el método de solución independiente, pero de forma similar a lo que ocurre en Heur9, los tiempos de ciclo se ajustan en función de la expectativa de que se produzcan inminentes roturas de stock en los siguientes artículos en la secuencia prevista.

### 3.6.2 Definición de la secuencia de producción

Como se describió en 3.3.2.2 la segunda decisión fundamental en cualquier plan de producción es la definición de la secuencia de producción (*Scheduling decision*), mediante la cual se establece el orden y el momento exacto en el que un producto debe ser preparado en la máquina para ser procesado. De nuevo, siguiendo la clasificación establecida por (Winands et al. 2011), las estrategias de secuenciación para el ELSP pueden clasificarse en dos grandes grupos:

*Políticas con secuencia de producción fija:* En este caso existe un orden y frecuencia predefinidos bajo el que los artículos son procesados.

*Políticas con secuencia de producción dinámica:* En este caso el orden en el que se van procesando los artículos cambia a lo largo del tiempo en función del criterio de priorización que se sigue para el lanzamiento de los lotes.

En relación con esta clasificación las heurísticas con las que se ha trabajado operan todas ellas bajo una secuencia de producción dinámica.

Dentro de estas políticas de secuenciación concurren una serie de criterios empleados en cada heurística respecto a conceptos relacionados con la decisión de secuenciación introducidos en 3.3.2.2. en concreto respecto a los criterios de interrupción y lanzamiento y respecto a la estrategia de secuenciación. A continuación se detalla el criterio seguido por cada heurística en relación con los conceptos descritos.

#### 3.6.2.1 Criterios de interrupción y lanzamiento

Los criterios de decisión de las heurísticas empleadas en nuestro estudio, implican la definición de algunos parámetros, en muchos casos comunes a todas ellas, que afectan a las decisiones de lanzamiento e interrupción de los lotes de producción.

##### *Stock de reorden*

En la heurísticas clásicas de "punto de pedido" el lanzamiento de una orden de producción se produce cuando el inventario de un producto alcanza un valor que se conoce como nivel de stock de reorden (*reorder stock level*) o inventario mínimo. La definición más simple para este nivel de inventario es la empleada por (Ashayeri et al. 2006) que considera el stock de reorden como el stock de seguridad más la demanda prevista durante un ciclo de producción, entendido este último como el tiempo de *setup* más el tiempo de producción de la orden, según:

$$s_i = ss_i + \left(c_i + \frac{d_i T_i}{p_i}\right) d_i \quad (3.23)$$

Esta opción está influida por el enfoque de "disponibilidad de lote" (Smits et al. 2004; Vaughan 2007), por el cual la producción no está disponible para satisfacer la demanda hasta que no se ha completado el lote correspondiente. Sin embargo, la mayoría de los



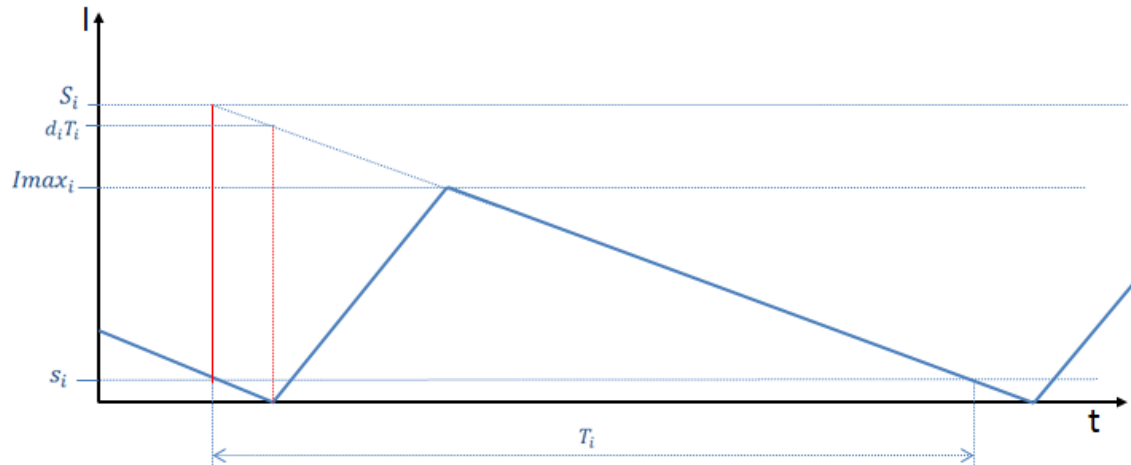
estudios consideran “disponibilidad de artículo”, por la cual existe inventario disponible desde el mismo instante de inicio de procesado de la orden. En esa situación, la definición anterior debe únicamente considerar, además del stock de seguridad, el inventario suficiente para abastecer la demanda del artículo durante el tiempo de *setup*, de manera que no se produzca una rotura de stock, tal como se define en (3.24)

$$S_i = s_i + c_i d_i \quad (3.24)$$

En el estudio de simulación que se presenta en el capítulo siguiente, la estructura general de las heurísticas está planteada de tal manera que se aplica tanto el inventario producido en el lote en curso como la demanda por artículo, cuando se produce alguno de los dos eventos fundamentales descritos en el apartado 4.2., fin de lote o fin de día. Este planteamiento resulta equivalente a considerar el inventario producido desde el instante de inicio de procesado de la orden, por lo que las heurísticas que emplean el stock de reorden en sus criterios de decisión han utilizado la expresión definida en (3.24).

#### *Stock máximo y Stock de referencia (order up to level)*

Algunas de las heurísticas empleadas, requieren la definición de un nivel máximo de inventario por artículo. En las heurísticas de revisión periódica tradicionales tipo  $(T, S)$ , el tamaño de los lotes emitidos se calcula precisamente como la diferencia entre el inventario en el momento de revisión y el nivel de referencia  $S_i$  (*order up to level*), tal como se muestra en la Figura 3.13.



**Figura 3.13.** Inventario máximo

Ese stock de referencia  $S_i$  (*order up to level*) se define como el stock mínimo más la cantidad demandada durante el tiempo de ciclo, según se muestra en (3.25):

$$S_i = s_i + T_i d_i \quad (3.25)$$

De este modo, en las heurística Heur4  $(T, S^{SI})$ , Heur5  $(T, S^{CC})$ , Heur6  $(T, S^{PB})$ , basadas en el procedimiento clásico de revisión periódica con diferentes procedimientos de cálculo para el tiempo de ciclo, el tamaño del lote a emitir de un artículo  $Q_i$ , corresponde a la diferencia entre el inventario en el momento de lanzamiento y el stock mínimo más la cantidad

demandada durante el tiempo de ciclo, según (3.26), por lo que el inventario de un artículo en ningún momento supera el nivel de referencia  $S_i$ .

$$Q_i = s_i + T_i d_i - I_i \quad (3.26)$$

Las heurística Heur8 (Fransoo), y Heur9 (Leachman & Gascon) no son heurísticas de revisión periódica, pero en ambas el tamaño del lote a emitir en el instante de lanzamiento es variable en función del inventario del artículo en ese instante, y se define mediante la misma expresión (3.26).

En la heurística Heur10 (Leven & Segersted), los lotes emitidos se calculan de forma análoga al procedimiento empleado en las heurísticas de punto de pedido. Este cálculo es el expresado en (3.27):

$$Q_i = T_i d_i \quad (3.27)$$

Tanto en esta heurística Heur10 (Leven & Segersted), como en la heurísticas Heur1 (s,  $Q^{SI}$ ), Heur2 (s,  $Q^{CC}$ ) y Heur3 (s,  $Q^{PB}$ ), la condición para lanzar un lote de un artículo es que el inventario del artículo se encuentre por debajo de su stock de reorden. Por tanto en ninguna de estas heurísticas se define formalmente un inventario máximo, aunque por la condición anterior el inventario de los artículos siempre cumple la condición expresada en (3.28)

$$I_i \leq s_i + T_i d_i \left(1 - \frac{d_i}{p_i}\right) \quad (3.28)$$

Respecto a la heurística Heur7 (Vergin & Lee), en el trabajo de Vergin y Lee (1978) se plantea una alteración sobre la regla de Magee y Bodman (1967). En su trabajo Vergin y Lee (1978) plantean hasta 3 alteraciones sobre el planteamiento original, en función de diferentes criterios de interrupción y consideración de órdenes retrasadas. En concreto se considera en la heurística Heur7 (Vergin & Lee), la variante que los autores denominan en su trabajo “alteración C”, en la que se incluye en el criterio de decisión un inventario máximo por artículo para evitar excesivos costes de inventario. En este estudio se ha empleado en la expresión (3.28) para establecer límite de inventario.

#### *Interrupción de la orden en curso (preemptive scheduling)*

Durante la ejecución de la orden de producción de un artículo existe la posibilidad de que se cumplan las condiciones necesarias para que un nuevo lote de otro artículo deba ser liberado. En ese caso, es necesario decidir si el criterio de decisión de la heurística debe contemplar la posibilidad de interrumpir la orden en curso antes de completarla (Heurística *preemptive*) o bien otorgar preferencia a la orden en curso hasta su finalización, independientemente de la situación del resto de artículos (Heurística *no preemptive*). En la mayoría de las heurísticas se pueden dar ambas variantes, lo que evidentemente conducirá

a resultados diferentes en cada una de ellas. En nuestro estudio de simulación únicamente se han introducido variantes preemptive para las heurísticas Heur1 (s,  $Q^{SI}$ ), Heur2 (s,  $Q^{CC}$ ) y Heur3 (s,  $Q^{PB}$ ), denotándolas como Heur1p (s,  $Q^{SI}$ ), Heur2p (s,  $Q^{CC}$ ) y Heur3p (s,  $Q^{PB}$ ). Estas tres variantes se describen también en detalle en el capítulo siguiente.

Sin embargo, existen heurísticas en cuyo criterio de decisión la propia característica *preemptive* o no *preemptive*, está implícitamente definida. Así, la heurística Heur7 (Vergin & Lee), es por definición *preemptive* puesto que una vez emitidos los lotes, la fabricación se mantiene hasta que se da algunas de las condiciones de interrupción definidas en los criterios de decisión de la heurística. Por lo tanto la orden en curso siempre es interrumpida a causa de la priorización de otro ítem. En cambio, la heurística Heur8 (Fransoo), es por definición no *preemptive*. Como se verá en la descripción detallada de la heurística, el criterio de decisión prioriza la finalización de las órdenes lanzadas, para mantener los tiempos de ciclo estables.

En el siguiente capítulo, en el que se define en detalle las características de todas las heurísticas utilizadas, se detalla en concreto los criterios de cada una respecto a la preferencia de la orden en curso.

#### *Tiempo de producción mínimo (minimum run length)*

Dentro del conjunto de heurísticas empleadas, únicamente las heurísticas Heur1 (s,  $Q^{SI}$ ), Heur2 (s,  $Q^{CC}$ ) y Heur3 (s,  $Q^{PB}$ ), (en su versión no *preemptive*), generan lotes de producción de un tamaño constante a lo largo de todo el horizonte de simulación. Este lote, una vez es emitido, siempre se completa según lo previsto.

En cambio, en las heurísticas *preemptive*, el lote emitido se interrumpe siempre que se de la condición de interrupción, que en general es función del stock del resto de artículos. Esto puede provocar, que algunos lotes sean interrumpidos al poco tiempo de ser lanzados, lo que puede derivar en un estado de “nerviosismo” del sistema, con un incremento significativo del número de *setups*, que reduce la capacidad disponible y puede generar una reacción en cadena desembocando en una situación de “*chaotic spike*” en la que la demanda no puede ser satisfecha (Fransoo et al. 1995).

Del mismo modo, en las heurísticas con tamaños de lote no constante, Heur4 (T,  $S^{SI}$ ), Heur5 (T,  $S^{CC}$ ), Heur6 (T,  $S^{PB}$ ), Heur8 (Fransoo), Heur9 (Leachman & Gascon) y Heur10 (Leven & Segersted), se puede originar el lanzamiento de lotes de tamaño muy reducido que conduce igualmente a la situación descrita en el párrafo anterior.

Para evitar esta situación, diversos autores introducen en la definición de las heurísticas utilizadas en sus estudios de simulación una limitación en cuanto a la duración mínima de un lote, o tiempo mínimo de producción. Así, Leachman y Gascon (1988) y Soman et al. (2006) definen la limitación como una fracción del tiempo previsto para el lote, mientras que Vidal-Carreras (2011) lo relaciona con el tiempo de *setup* del lote.

En este trabajo, se ha considerado el criterio de *minimum run length* para evitar lotes excesivamente pequeños desde dos puntos de vista. Por un lado, respecto a la interrupción de una orden en curso. Así, para las heurísticas *preemptive*, Heur1p (s, Q<sup>SI</sup>), Heur2p (s, Q<sup>CC</sup>) y Heur3p (s, Q<sup>PB</sup>), que a priori trabajan con un lote fijo a menos que se de la condición de interrupción, se ha introducido la condición de que un lote sólo puede ser interrumpido cuando se ha superado más del 50% del tiempo de producción del lote previsto. Por otro lado, respecto al lanzamiento de un lote variable. Así, en las heurísticas de tamaño de lote variable, Heur4 (T, S<sup>SI</sup>), Heur5 (T, S<sup>CC</sup>), Heur6 (T, S<sup>PB</sup>), Heur8 (Fransoo), Heur9 (Leachman & Gascon) y Heur10 (Leven & Segerstedt), se ha introducido la limitación de tiempo mínimo de manera que un lote no puede ser liberado a menos que su tamaño sea el 50% de lote tipo definido según la expresión (3.27), donde  $T_i$ , se refiere al tiempo de ciclo de referencia en cada heurística, lo que evita la aparición de lotes muy reducidos que limitan la capacidad disponible.

### 3.6.2.2 Criterios de secuenciación

#### *Ratio de cobertura (Run Out)*

Como se ha introducido al describir el problema de secuenciación en el modelo, en 3.3.2.2, el ratio de cobertura es un concepto ampliamente empleado para la decisión de secuenciación de los artículos. Su definición más elemental es la expresada en (3.29), que relaciona el inventario disponible de un artículo, con su tasa de demanda, según:

$$RO_i = \frac{I_i}{d_i} \quad (3.29)$$

Bajo esta definición, empleada por numerosos autores, (Brander et al. 2005; Levén y Segerstedt 2007; Soman et al. 2006), el ratio de cobertura constituye un parámetro que indica el tiempo disponible antes de que se agote el stock actual de un artículo bajo su tasa de demanda. Así, el criterio de ordenar de menor a mayor ratio de cobertura para la secuenciación, según (3.30), implica ordenar los artículos por su tiempo disponible previsto antes de sufrir una rotura de stock.

$$RO_1 < RO_2 < \dots < RO_g \quad (3.30)$$

En ocasiones, algunos autores (Gascon et al. 1994; Leachman y Gascon 1988), trabajando con heurísticas de “punto de pedido” emplean una variación de la definición expresada en (3.29), incluyendo el stock de reorden, como se muestra en (3.31)

$$RO_i = \frac{I_i - S_i}{d_i} \quad (3.31)$$

En esta definición, el ratio de cobertura representa el tiempo disponible antes de que el artículo alcance su punto de lanzamiento, y por tanto el que, bajo el criterio de disparo de la heurística, es el punto crítico de inventario en el que el lote debe ser lanzado para evitar una rotura de stock.

En particular, la variante utilizada en (Gascon et al. 1994), considera el stock de reorden constituido por el inventario de seguridad, mas el inventario necesario para abastecer la demanda durante el tiempo de *setup*, según (3.32):

$$RO_i = \frac{I_i - SS_i}{d_i} - c_i \quad (3.32)$$

#### *Holgura de un lote*

El concepto de holgura ha sido introducido al describir el problema de secuenciación en el modelo, en 3.3.2.2. En relación con este concepto, únicamente las Heur9 (Leachman & Gascon) y Heur10 (Leven & Segersted) utilizan la holgura para justificar la necesidad de ajustar los tiempos de ciclo de los artículos.

Ambas heurísticas introducen la posibilidad de ajustar los tiempos de ciclo en el caso de que alguno de los artículos en la secuencia prevista de producción presente una holgura total negativa. El procedimiento de ajuste que emplean estas dos heurísticas se describe en detalle en el siguiente capítulo.

### 3.6.3 Stock de seguridad

En situaciones de incertidumbre en la demanda, es habitual recurrir a la utilización de un nivel stock adicional por artículo para minimizar la aparición de roturas de stock de los artículos. Tal como se ha descrito en el capítulo 2, se han definido en la literatura múltiples métodos para la determinación del nivel de stock de seguridad, en relación con las condiciones del problema estudiado (Gallego 1990; Kelle et al. 1994; Silver et al. 1998; Brander y Forsberg 2006). En esta tesis, se ha empleado el método presentado en Silver et al (1998), que calcula el stock de seguridad según se muestra en (3.33):

$$SS_i = Z_\alpha \sigma \sqrt{T_i \left(1 - \frac{d_i}{p_i}\right)} \quad (3.33)$$

Este procedimiento toma en cuenta la influencia de tres parámetros fundamentales a la hora de definir el stock de seguridad de un artículo.

En primer lugar, el nivel de servicio deseado ( $\alpha$ ) a través de  $Z_\alpha$ , que representa el valor de la función de probabilidad normal estándar para un nivel de servicio  $\alpha$  en relación con la probabilidad de agotamiento del stock. En nuestro estudio, se ha trabajado con un nivel de servicio del 95% que implica  $Z_\alpha = 1.65$ . En segundo lugar, se considera obviamente el efecto del comportamiento estocástico de la demanda, incorporando en el cálculo la varianza de la demanda. Por último, se considera en la expresión del stock de seguridad también el efecto de la duración del tiempo de ciclo sobre la incertidumbre en los niveles de inventario.

### **3.7 Conclusiones**

En este capítulo se ha descrito en detalle el modelo general del problema de secuenciación del lote económico sobre el que se ha desarrollado el estudio de simulación de este trabajo. Para la descripción del modelo, se ha presentado la casuística relacionada con el problema genérico y los supuestos básicos asumidos en este trabajo.

Por un lado, se han descrito los detalles del modelado de las diferentes aproximaciones de resolución del problema de lotificación, en relación con las técnicas para la determinación de los tiempos de ciclo y su metodología. Por otro lado, se han definido también los criterios básicos para la resolución del problema de secuenciación, las particularidades de este subproblema, los elementos del modelo necesarios para su descripción y las diferentes aproximaciones para su resolución.

También se ha introducido la consideración en el modelo presentado de los factores de complejidad e incertidumbre cuyo efecto se pretende analizar en el estudio de simulación.

A continuación, para completar la descripción del modelo empleado, se han introducido y clasificado las heurísticas que han sido empleadas en el estudio de simulación que se describe en el capítulo 5. Por último, en el apartado 3.6 del capítulo se han descrito los criterios particulares que, en relación con las decisiones fundamentales del modelo general, emplean las heurísticas en sus diferentes reglas de decisión.

# Capítulo 4

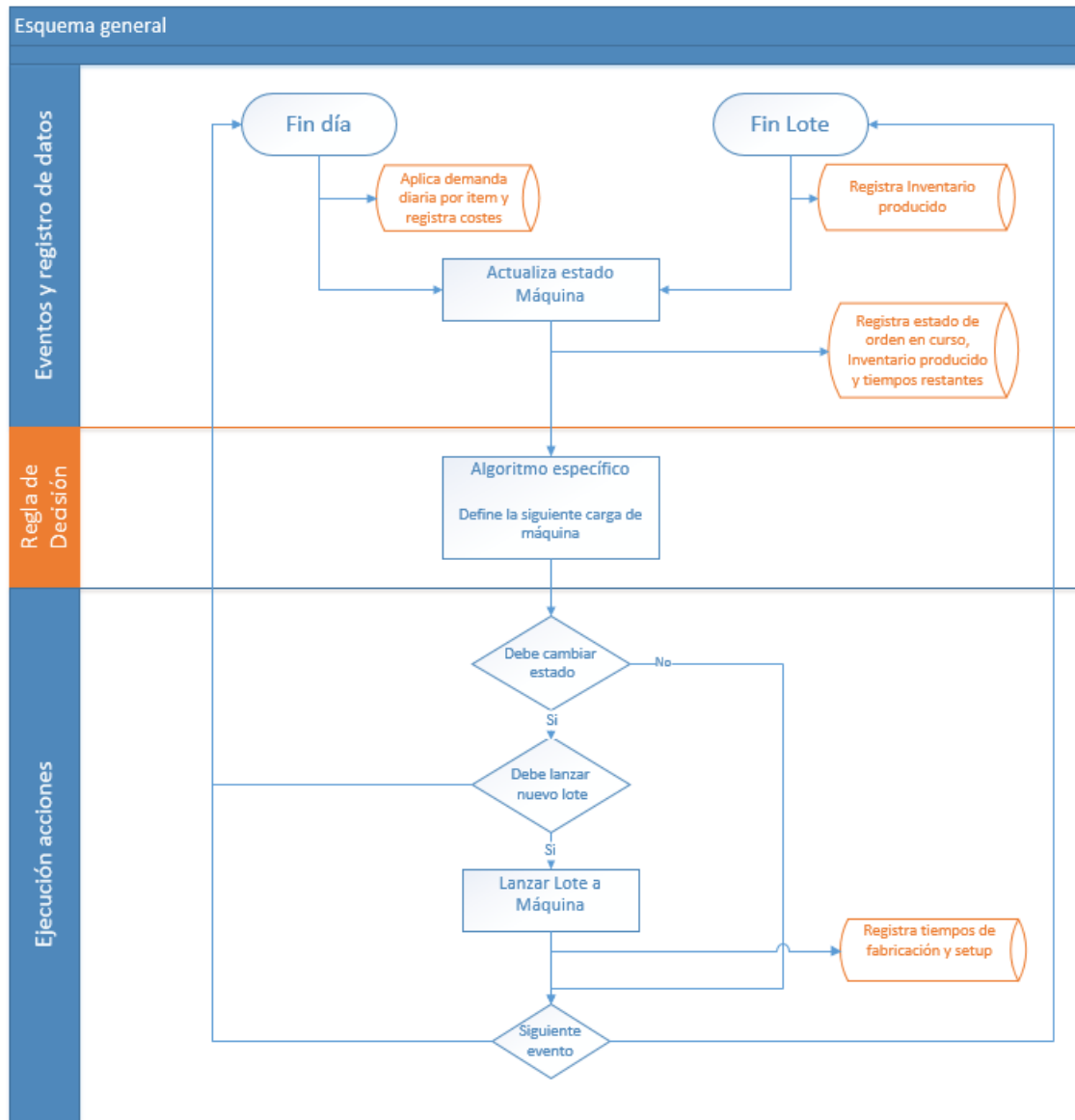
## Descripción de las heurísticas

### 4.1 Introducción

En este capítulo se presenta la estructura general de las heurísticas empleadas y se describe en detalle los criterios de la regla de decisión particular de cada heurística. Se ha tratado de describir el funcionamiento de las heurísticas mediante una única estructura general para todas ellas, de manera que comparten la misma dinámica general de trabajo, a excepción del núcleo central constituido por la regla de decisión en sí. Este núcleo central, constituido por la regla de decisión que define propiamente a la heurística, se describe en detalle para cada una de ellas.

### 4.2 Esquema general de las heurísticas

El diseño de una heurística para la resolución del problema de secuenciación del lote económico debe abordar fundamentalmente dos decisiones que resultan críticas para su rendimiento. Por un lado debe abordar la decisión respecto a la lotificación de los productos, es decir, cuál debe ser la cantidad a fabricar cada vez que el producto entra en la máquina. Por otro lado, debe abordar la decisión de secuenciación, es decir, en qué momento exacto debe comenzar a ser procesado un producto en la máquina, y en función de qué circunstancias. En algunas heurísticas se tratan ambas decisiones de forma independiente, mientras que en otras no es posible tomar una de las decisiones sin considerar la otra simultáneamente. Las heurísticas empleadas en el estudio de simulación comparten la dinámica general mostrada en la Figura 4.1.



**Figura 4.1.** Dinámica general del sistema de decisión

Como se observa en el esquema, existen dos eventos básicos, la finalización de un día y la finalización de un lote, que desencadenan la necesidad de tomar una decisión respecto a qué se debe hacer en la instalación en el instante inmediatamente posterior. En el capítulo 5, se describe en detalle la estructura del modelo de simulación de eventos discretos empleado en el experimento. En este tipo de modelos de simulación, no se produce ningún cambio en el estado del sistema entre dos eventos consecutivos, por lo que la simulación avanza directamente en el tiempo hasta el siguiente evento.

Así, según muestra el esquema, ante cualquiera de estos dos eventos la heurística evalúa, según su regla de decisión y la situación existente, qué debe ocurrir a continuación. La primera posibilidad es que la decisión sea mantener el estado actual de la máquina, es decir, continúa parada o continúa ejecutando el lote actual hasta que ocurra el siguiente evento. La segunda posibilidad es que la decisión sea modificar el estado actual de la máquina. En este caso, se abren de nuevo dos opciones, emitir un nuevo lote de producción



o no hacerlo. En caso de no emitir el lote, la máquina queda parada hasta el fin del día en curso. En caso de que se deba lanzar un nuevo lote, este tendrá las características establecidas por el criterio de decisión de la heurística, respecto al tamaño de lote y producto a lanzar. Una vez lanzada la orden, la máquina queda a la espera de que ocurra el siguiente evento.

Al final del capítulo, la Tabla 4.1 muestra un resumen de los parámetros de las heurísticas empleadas.

### 4.3 Heurísticas de punto de pedido (s, Q)

Las heurísticas Heur1 (s,  $Q^{SI}$ ), Heur2 (s,  $Q^{CC}$ ) y Heur3 (s,  $Q^{PB}$ ) están basadas en mecanismo clásico de “punto de pedido” tipo (s, Q), en las que el lanzamiento de lote se produce únicamente cuando el inventario del artículo cae por debajo de su stock de reorden s. En caso de que el inventario de dos artículos se encuentre por debajo de su stock de reorden en el momento que la máquina queda disponible, se ha introducido en estas heurísticas el criterio de desempate según el mínimo ratio de cobertura, según la expresión (3.29) que se introdujo en el capítulo anterior. Cada una de las tres heurísticas, emplea un criterio de decisión diferente en el subproblema de definición del tamaño de lote. Para ello emplean criterios diferentes en relación con el cálculo del tiempo de ciclo.

La heurística Heur1 (s,  $Q^{SI}$ ), emplea el método clásico de solución independiente para la definición del tiempo de ciclo  $T^{IS}$ . De acuerdo con ello, el lote constante correspondiente se define según:

$$Q^{SI}_i = d_i T^{SI}_i = \sqrt{\frac{2A_i d_i}{h_i(1 - \frac{d_i}{p_i})}} \quad (4.1)$$

La heurística Heur2 (s,  $Q^{CC}$ ), emplea el método de ciclo común para la definición del tiempo de ciclo  $T^{CC}$ . Así, el lote constante correspondiente es:

$$Q^{CC}_i = d_i T^{CC}_i = d_i \sqrt{\frac{2 \sum_{i=1}^g A_i}{\sum_{i=1}^g h_i d_i (1 - \frac{d_i}{p_i})}} \quad (4.2)$$

La heurística Heur3 (s,  $Q^{PB}$ ), emplea el método de periodo básico en el que el tiempo de ciclo de cada artículo es diferente, siendo en cada caso múltiplo de un periodo básico  $T^{PB}$ , según:

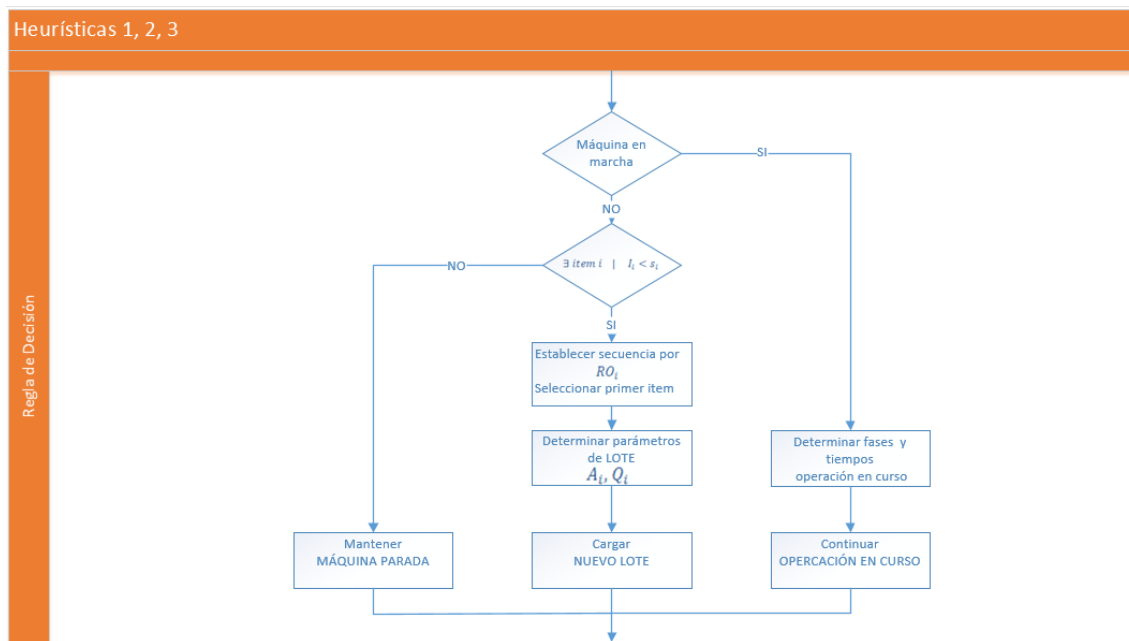
$$T^{PB}_i = k_i T^{PB} \quad (4.3)$$

En este caso, para la determinación del periodo básico  $T^{PB}$  y de los  $k_i$  para cada artículo, se ha empleado el procedimiento iterativo presentado por Doll y Whybark (1973), descrito en

el capítulo 2. De acuerdo con este tiempo de ciclo básico, se determina el lote de cada producto, según:

$$Q^{PB}_i = d_i k_i T^{PB} \quad (4.4)$$

A partir del cálculo de los tiempos de ciclo y sus lotes correspondientes, la dinámica de trabajo de cada una de las heurísticas es la misma, tal como se describe en la Figura 4.2. Este esquema representa exclusivamente la etapa correspondiente a la regla de decisión de la heurística, es decir a la etapa central mostrada en color naranja, dentro del esquema general descrito en la Figura 4.1.



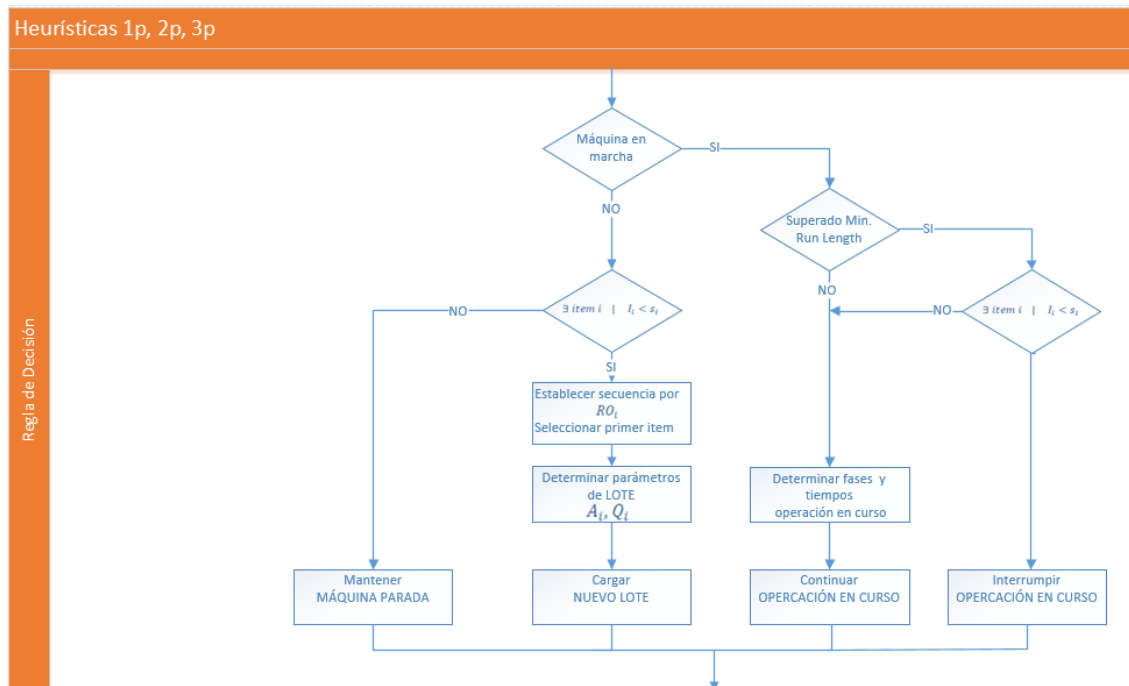
**Figura 4.2.** Regla de decisión Heurísticas Heur1 (s, Q<sup>SI</sup>), Heur2 (s, Q<sup>CC</sup>) y Heur3 (s, Q<sup>PB</sup>)

Se trata de heurísticas no *preemptive*, por lo que la dinámica de la heurística no contempla la interrupción del lote en curso. Así, ante alguno de los dos eventos descritos en el apartado 4.2, se produce la llamada a la heurística. El procedimiento evalúa si la máquina está procesando un lote o está parada. En caso de estar procesando un lote, se registra el inventario procesado desde la última llamada, y se mantiene el estado de la máquina a la espera del siguiente evento. En caso de que la máquina esté parada, el procedimiento compara el inventario actual de cada artículo con su stock de reorden calculado según (3.23), para evaluar qué artículos se encuentran en situación de lanzamiento necesario. Si no hay ningún artículo en esta situación, se mantiene el estado de la máquina a la espera del siguiente evento. En caso de que haya un artículo con inventario por debajo del nivel de reorden, se procede a la preparación de máquina y al lanzamiento del lote correspondiente de ese artículo definido según se ha descrito más arriba para cada una de las tres heurísticas. En caso de que haya más de un artículo en esta situación el procedimiento selecciona al artículo con menor ratio de cobertura, y se procede a la preparación de máquina y lanzamiento del lote correspondiente.

Como se observa en el esquema de la Figura 4.1, este procedimiento irá actualizando diariamente el inventario de cada ítem, sin interrumpir la orden en curso hasta que se produzca el evento de finalización del lote, tras el cual se da la situación de máquina parada.

#### 4.4 Variante *preemptive* de heurísticas de punto de pedido ( $s, Q$ )

Las heurísticas Heur1p ( $s, Q^{SI}$ ), Heur2p ( $s, Q^{CC}$ ) y Heur3p ( $s, Q^{PB}$ ), son la variante *preemptive* de las tres primeras heurísticas descritas en el apartado anterior. De nuevo, la única diferencia entre estas tres es el procedimiento para la definición del lote a emitir, que se corresponde con el cálculo del tiempo de ciclo,  $T^{SI}$ ,  $T^{CC}$ ,  $T^{PB}$ , respectivamente. La regla de decisión de las tres heurísticas es la descrita en la Figura 4.3:



**Figura 4.3.** Regla de decisión Heurísticas Heur1p ( $s, Q^{SI}$ ), Heur2p ( $s, Q^{CC}$ ) y Heur3p ( $s, Q^{PB}$ )

Ante algunos de los dos eventos descritos en 4.2, se produce la llamada al criterio de decisión de la heurística. En este caso, a diferencia de lo que ocurría con el anterior grupo de heurísticas, la decisión de la heurística puede implicar la interrupción del lote en curso. En primer lugar, la heurística evalúa si la máquina está procesando un lote o está parada. Al igual que con la versión no *preemptive*, en caso de estar procesando un lote, se registra el inventario procesado desde la última llamada. Como se ha descrito en el capítulo anterior, se ha impuesto una condición de tiempo de producción mínimo. Si aún no se ha superado porcentaje de lote mínimo definido, se mantiene el estado de la máquina con la operación en curso hasta el siguiente evento. En caso de que se haya superado el porcentaje mínimo, el sistema actúa del mismo modo que si la máquina estuviera parada; el procedimiento compara el inventario actual de cada artículo con su stock de reorden calculado según

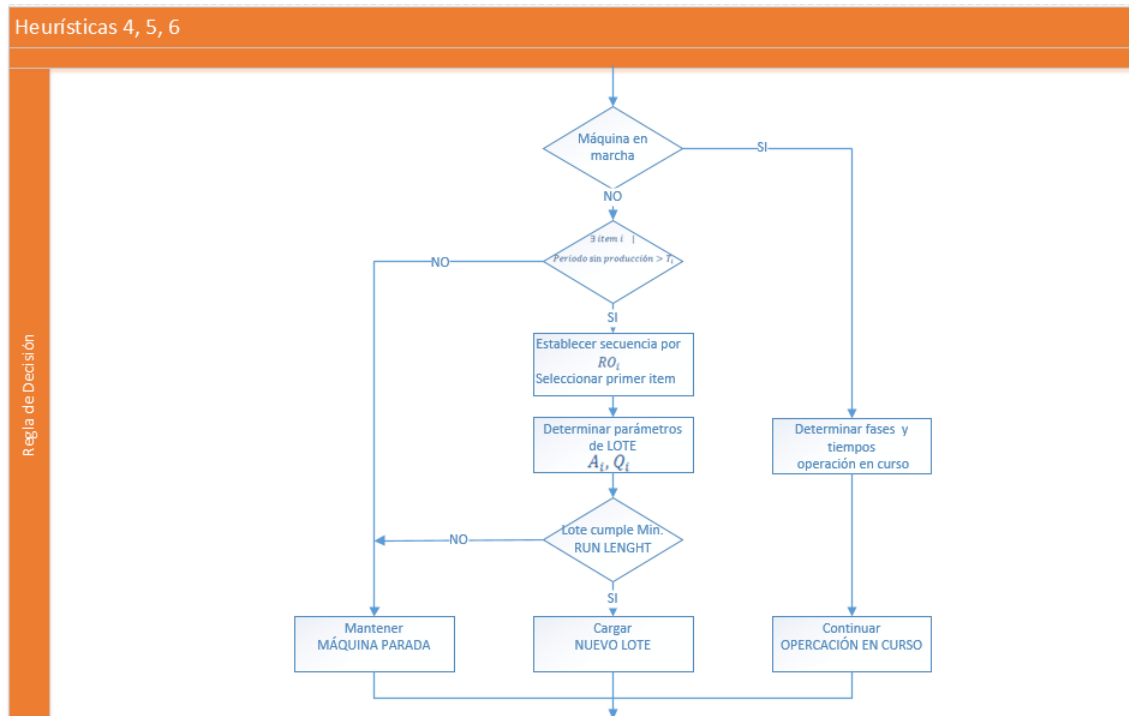
(3.23), para evaluar qué artículos se encuentran en situación de lanzamiento necesario. Si no hay ningún artículo en esta situación, se mantiene el estado de la máquina a la espera del siguiente evento. En caso de que haya un artículo con inventario por debajo del nivel de reorden, se procede a la preparación de máquina y al lanzamiento del lote correspondiente de ese artículo definido, según se ha descrito más arriba para cada una de las heurísticas de punto de pedido. En caso de que haya más de un artículo en esta situación el procedimiento selecciona al artículo con menor ratio de cobertura, y se procede a la preparación de máquina y lanzamiento del lote correspondiente.

Como se observa en el esquema de la Figura 4.1, este procedimiento irá actualizando diariamente el inventario de cada ítem, hasta que se produzca el evento de finalización del lote, tras el que se da la situación de máquina parada, o bien hasta que se produzca la interrupción de la orden en curso.

#### **4.5 Heurísticas de revisión periódica (T, S)**

Las heurísticas Heur4 (T,  $S^{SI}$ ), Heur5 (T,  $S^{CC}$ ) y Heur6 (T,  $S^{PB}$ ) están basadas en el mecanismo clásico de revisión periódica (T, S), en las que los lotes de producción de un artículo se liberan únicamente cuando se ha cumplido un tiempo superior al tiempo de ciclo  $T$  de ese artículo, desde su último lote procesado. En caso de que para dos artículos se haya cumplido este tiempo en el momento que la máquina queda disponible, de nuevo se ha introducido en estas heurísticas el criterio de desempate según el mínimo ratio de cobertura, según (3.29). El tamaño del lote a liberar es variable en este tipo de heurísticas, y se determina como la diferencia entre el inventario en el momento del lanzamiento y el inventario máximo de referencia, *order up to level*,  $S$  calculado según la expresión (3.25). Igual que en los dos primeros grupos de heurísticas, cada una de las tres heurísticas de este grupo emplea un criterio de decisión diferente en el subproblema de definición del tamaño de lote. Para ello emplean criterios diferentes en relación con el cálculo del tiempo de ciclo,  $T^{SI}$ ,  $T^{CC}$  y  $T^{PB}$ , y se emplea en cada caso el tiempo de ciclo calculado para determinar el lote a liberar, según la expresión (3.26).

La dinámica de las heurísticas es la descrita en la Figura 4.4:



**Figura 4.4.** Regla de decisión Heurísticas Heur4 (T, S<sup>SI</sup>), Heur5 (T, S<sup>CC</sup>) y Heur6 (T, S<sup>PB</sup>)

Como en todas las heurísticas, de acuerdo con el esquema general, la regla de decisión se desencadena ante los dos eventos fundamentales descritos en 4.2. En primer lugar, el procedimiento evalúa si la máquina está procesando un lote o está parada. Puesto que en los tres casos, se trata de heurísticas no *preemptive*, en caso de estar procesando un lote, se registra el inventario procesado desde la última llamada, y se mantiene el estado de la máquina a la espera del siguiente evento. En caso de que la máquina esté parada, el procedimiento verifica si para algún artículo se cumple la condición de que haya transcurrido un tiempo superior al tiempo de ciclo desde su último lanzamiento, para evaluar qué artículos se encuentran en situación de lanzamiento necesario. Si no hay ningún artículo en esta situación, se mantiene el estado de la máquina a la espera del siguiente evento. En caso de que haya un artículo en esta situación, se procede a la preparación de máquina y al lanzamiento del lote correspondiente de ese artículo definido según se ha descrito más arriba. En caso de que haya más de un artículo en esta situación el procedimiento selecciona al artículo con menor ratio de cobertura, y se procede a la preparación de máquina y lanzamiento del lote correspondiente.

Como se observa en el esquema de la Figura 4.1, este procedimiento irá actualizando diariamente el inventario de cada ítem, sin interrumpir la orden en curso hasta que se produzca el evento de finalización del lote, tras el que se da de nuevo la situación de máquina parada.

#### 4.6 Heurística Heur7 (Vergin & Lee)

Las heurística Heur7 (Vergin & Lee), está basada en el mecanismo descrito por Vergin y Lee (1978). En su trabajo los autores desarrollan diferentes variantes de la técnica de lotificación global originalmente presentada en Magee y Boodman (1967), de entre las cuales, como se ha mencionado se ha trabajado concretamente con la variante C, que limita el stock máximo por artículo. Los autores sugieren que resulta más económico establecer un inventario total suficiente para soportar las fluctuaciones de la demanda total para todos los artículos, que monitorizar la producción en cada instante para mantener los inventarios balanceados entre los artículos. Para ello, la regla básica planteada en su trabajo define para cada artículo una ratio  $a_i$ , según la expresión (4.5).

$$a_i = \frac{2d_i(1 - \frac{d_i}{p_i})}{\sum_{i=1}^g d_i (1 - \frac{d_i}{p_i})} \quad (4.5)$$

La producción de un artículo se mantiene hasta que se da alguna de las dos siguientes condiciones: (1) se produce la rotura de stock de algún otro artículo; o (2) el inventario del artículo  $i$  que está siendo fabricado alcanza la proporción  $a_i$  respecto al inventario disponible total, según (4.6).

$$\frac{I_i}{\sum_{i=1}^g I_i} > a_i \quad (4.6)$$

Cuando se da esta situación, la producción en la máquina cambia al producto en situación de rotura, o en caso de que no lo haya al artículo de menor ratio de cobertura. La mencionada variante C introduce un método para prevenir los excesos de producción, estableciendo un nivel de inventario máximo por artículo (Vergin y Lee 1978). Así, además de la posible interrupción del lote debido a limitación (2) mencionada en el párrafo anterior, si el inventario del artículo que está siendo procesado supera su nivel de inventario máximo, la producción cambia al artículo con menor ratio de cobertura. Si el inventario de este artículo también supera su nivel máximo, la máquina quedará parada al menos hasta el siguiente periodo. Además, la variante C de la regla de Magee y Bodman introduce un chequeo para verificar si el inventario de alguno de los artículos está por debajo del equivalente a un mínimo periodo de demanda. Si algún artículo se encuentra en esta situación éste será el artículo a producir. Mediante este planteamiento se evita el lanzamiento de lotes excesivamente cortos (tiempo de producción mínimo).

La Figura 4.5 describe la dinámica de funcionamiento de la regla de decisión.

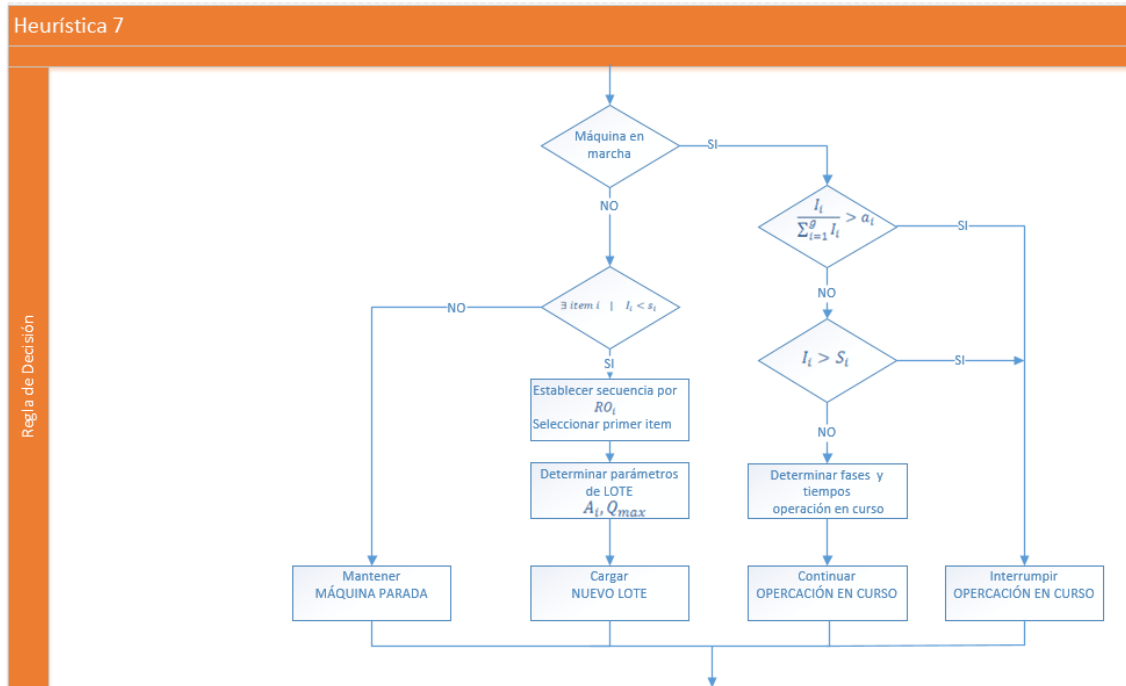


Figura 4.5. Algoritmo específico Heur7 (Vergin & Lee)

#### 4.7 Heurística Heur8 (Fransoo)

La heurística Heur8 (Fransoo) está basada en la heurística de tiempos de ciclo estables presentada en Fransoo (1992). El objetivo de esta regla de decisión es mantener la varianza de los tiempos de ciclo de cada artículo lo más baja posible. Los tiempos de ciclo objetivo se calculan por el procedimiento iterativo de Doll y Whybark (1973), sobre el que además el autor introduce la comprobación de factibilidad descrita en el capítulo 3. Se ha denominado a los tiempos de ciclo así calculados  $T^{SCT}$ , y de acuerdo con esto, la política de lotificación de la heurística establece los lotes de producción mediante la expresión (4.7):

$$Q_i = s_i + d_i T^{SCT} - I_i \quad (4.7)$$

La Figura 4.6 describe la dinámica de funcionamiento de la regla de decisión:

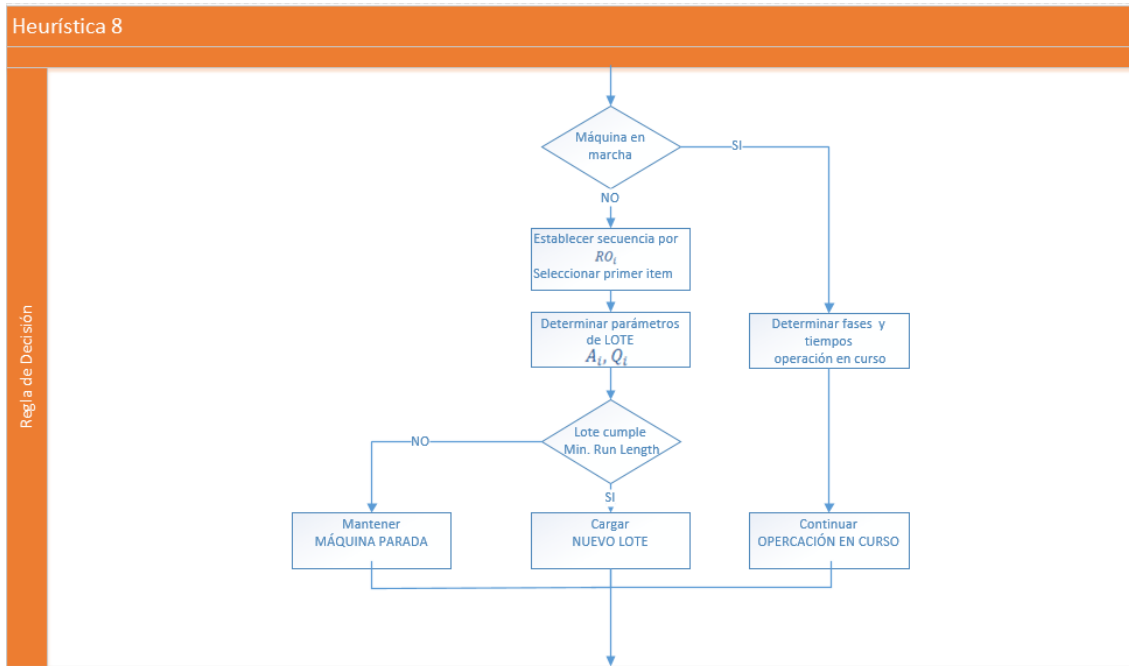


Figura 4.6. Regla de decisión Heurística 8

El tamaño del lote a lanzar en la máquina, según la expresión (4.7) es variable, en función del inventario en el momento de lanzamiento. Se ha introducido sobre la regla original de Fransoo la limitación del tiempo mínimo de producción, como se describió en el capítulo 3. De este modo si el lote es más pequeño que el 50% de lote definido según la expresión (3.27), la máquina permanecerá parada durante un nuevo periodo.

#### 4.8 Heurística Heur9 (Leachman & Gascon)

La heurística Heur9 (Leachman & Gascon) se basa en la heurística de tiempos de ciclo dinámicos que considera el concepto de holgura entre lotes descrito en el capítulo 3 (Leachman y Gascon 1988). En la heurística planteada por los autores, la política de lotificación se basa en el tiempo de ciclo básico  $T^{PB}$  que se calcula también mediante el procedimiento iterativo de Doll y Whybark (1973). Este tiempo de ciclo es el que se emplea para calcular el lote correspondiente según:

$$Q_i = s_i + d_i T^{PB} - I_i \quad (4.8)$$

Con respecto a la política de secuenciación, de nuevo los artículos se ordenan por su ratio de cobertura, según la secuencia expresada en (3.30). La regla de decisión de la heurística pretende evitar la aparición de roturas de stock observando la holgura de cada lote en dicha secuencia. Si algún lote presenta una holgura negativa los tiempos de ciclo objetivos  $T^{PB}_i = k_i T^{PB}$ , no se pueden mantener. Para evitar esa situación, la regla de decisión plantea reducir el tiempo de ciclo fundamental, de manera que cada lote se reduce proporcionalmente hasta que la holgura de todos los lotes es positiva. Este nuevo tiempo de ciclo, se denomina tiempo de ciclo operativo  $T^{OP}$ , y se define como:



$$T^{OP} = \min \left\{ T^{PB}, \min_{j=2, \dots, g} \frac{RO_j - \sum_{i=1}^{j-1} c_i}{\sum_{i=1}^{j-1} k_i \frac{d_i}{p_i}} \right\} \quad (4.9)$$

Entonces se recalcula el lote del primer artículo en la secuencia de acuerdo a esta reducción de su periodo de ciclo, y se lanza el lote de esas características. Una vez completada la orden así calculada, se producirá una nueva llamada a la heurística, que de nuevo empezará desde el principio, con la ordenación de la secuencia de producción según el mínimo ratio de cobertura.

De nuevo, para evitar un incremento en el número de *setups*, se ha empleado la misma limitación que en la heurística anterior respecto al tiempo de producción mínimo, bajo la cual el lote no es emitido si corresponde a menos del 50% del lote definido según (3.27), para el periodo básico  $T^{PB}$

La Figura 4.6 describe la dinámica de funcionamiento de la regla de decisión:

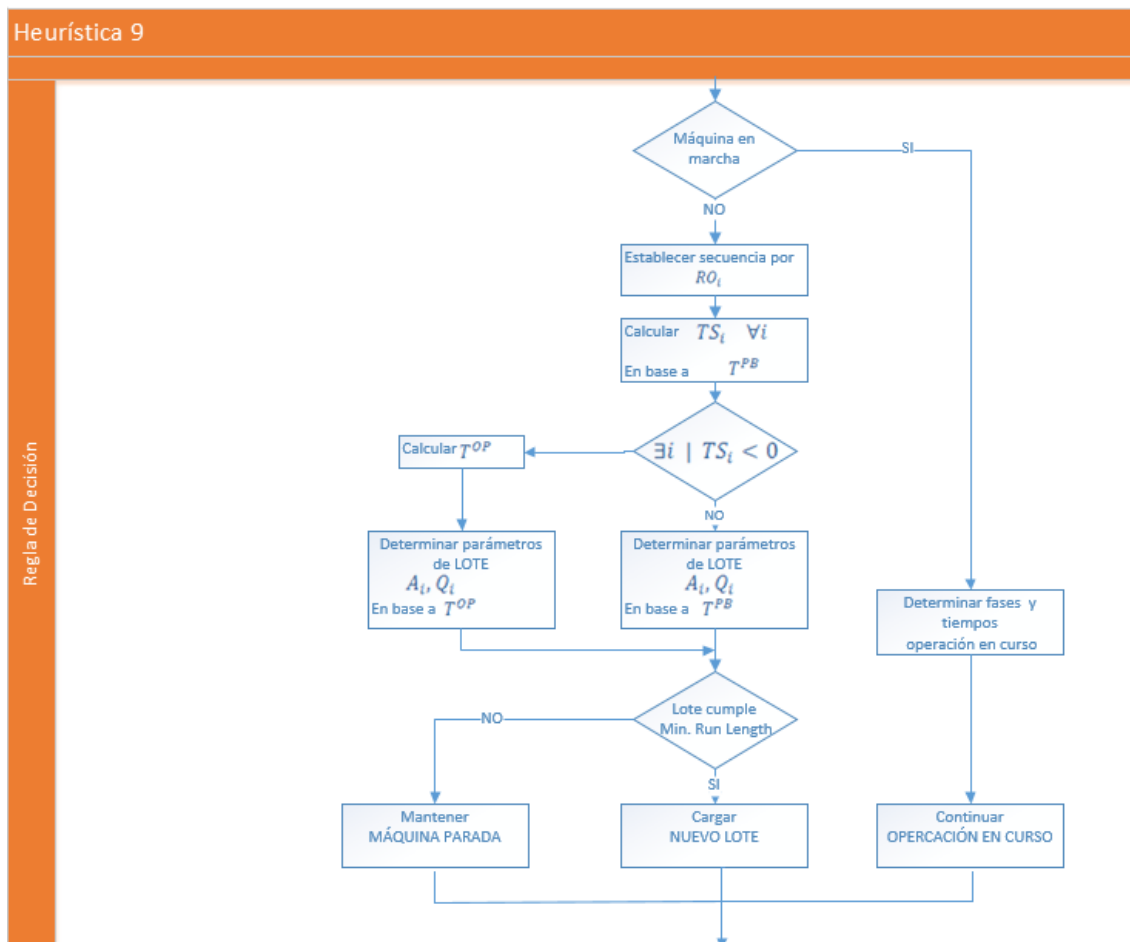


Figura 4.7. Regla de decisión Heurística Heur9 (Leachman & Gascon)

#### 4.9 Heurística Heur10 (Leven & Segersted)

La heurística Heur10 (Leven & Segersted), se basa en el procedimiento de ajuste de holguras de lotes óptimos (Levén y Segerstedt 2007). En esta heurística la decisión de lotificación utiliza el cálculo de los tiempos de ciclo mediante el método de solución independiente (SI)  $T^{SI}$ . La heurística trabaja de nuevo con el concepto de holgura, pero extendiendo el trabajo de Leachman y Gascon (1988), al considerar diferentes lotes de un mismo artículo de forma explícita. De acuerdo con la estrategia de lotificación es muy probable que se deban lanzar varios lotes de un mismo artículo antes de liberar el primer lote de otro. Por ello, en lugar de ordenar los artículos por el ratio de cobertura de su primer lote, el enfoque plantea ordenar los lotes diferentes de cada artículo según su ratio de cobertura.

Una vez ordenados los lotes según su ratio de cobertura, la heurística verifica si es posible lanzar todos los lotes de acuerdo al programa establecido sin que se produzca ninguna rotura de stock. Para ello, todos los lotes analizados deben de tener una holgura positiva. Si existe algún artículo con holgura negativa, se plantea reducir los tiempos de ciclo de los artículos de manera que aumente la holgura de cada uno de ellos para alcanzar un programa factible. Los autores plantean esta reducción como la mínima necesaria, con el objetivo de mantener al máximo el programa con los tiempos de ciclo óptimos  $T^{IS}$ . Esta reducción mínima de los tiempos de ciclo se alcanza introduciendo un factor de escala,  $FE$ , como en la expresión

$$TS_j = \frac{I_{r(j)}}{d_{r(j)}} + FE \frac{T_{r(j)}d_{r(j)}k_j}{d_{r(j)}} - \sum_{m=1}^j c_{r(m)} - FE \sum_{m=1}^{j-1} \frac{T_{r(m)}d_{r(m)}}{p_{r(m)}} \quad (4.10)$$

Se analiza cada lote en la secuencia prevista, y si alguno de ellos presenta una holgura negativa el factor de escala se reduce. Al considerar el factor de escala para obtener holgura positiva del lote en cuestión existen dos posibilidades. La primera es reducir el tamaño de los lotes precedentes reduciendo el factor de escala para que la producción de lote comience antes. Se denomina a este factor de escala  $FE_j$ , y se obtiene igualando a 0 la expresión (4.10), según:

$$FE_{j,TS} = \frac{\sum_{m=1}^j c_{r(m)} - \frac{I_{r(j)}}{d_{r(j)}}}{\sum_{m=1}^{j-1} \frac{T_{r(m)}d_{r(m)}}{p_{r(m)}} - \frac{T_{r(j)}d_{r(j)}k_j}{d_{r(j)}}} \quad (4.11)$$

La otra posibilidad para obtener holgura positiva del lote crítico sería reducir los tamaños de lote hasta que el ratio de cobertura del lote crítico pasa a ser menor que el ratio de cobertura del lote precedente, cambiando la secuencia. Para cambiar así la secuencia, el factor de escala sería aquel que obtiene  $RO_j = RO_{j-1}$  según:

$$FE_{j,RO} = \frac{\frac{I_{r(j)}}{d_{r(j)}} - \frac{I_{r(j-1)}}{d_{r(j-1)}}}{\frac{T_{r(j-1)}d_{r(j-1)}k_{j-1}}{d_{r(j-1)}} - \frac{T_{r(j)}d_{r(j)}k_j}{d_{r(j)}}} \quad (4.12)$$

Como el objetivo es mantener los tiempos de ciclo lo más parecidos al óptimo  $T^{IS}$ , el procedimiento plantea seleccionar el mayor de los dos factores de escala así definidos, de manera que se alcance una secuencia factible con un tiempo de ciclo lo más cercano posible al óptimo. Este factor de escala  $FE^*$  será por tanto:

$$FE^* = \max\{FE_{TS}, FE_{RO}\}, \quad 0 < FE^* < 1 \quad (4.13)$$

La visión de la secuencia programada sobre la que se analizan las holguras de los lotes, es un aspecto abierto de la heurística que puede adaptarse según las necesidades particulares de la situación en la que es empleada. Además, el cálculo del factor de escala se puede llevar a cabo cada vez que se lanza un nuevo lote o cada cierto número de lotes dentro del número de lotes en la visión de la secuencia programada. En este trabajo se ha trabajado con una visión  $M$  de 10 lotes, y un recálculo  $RC$  del factor de escala cada 5 lotes.

La Figura 4.8 describe la dinámica de funcionamiento de la regla de decisión

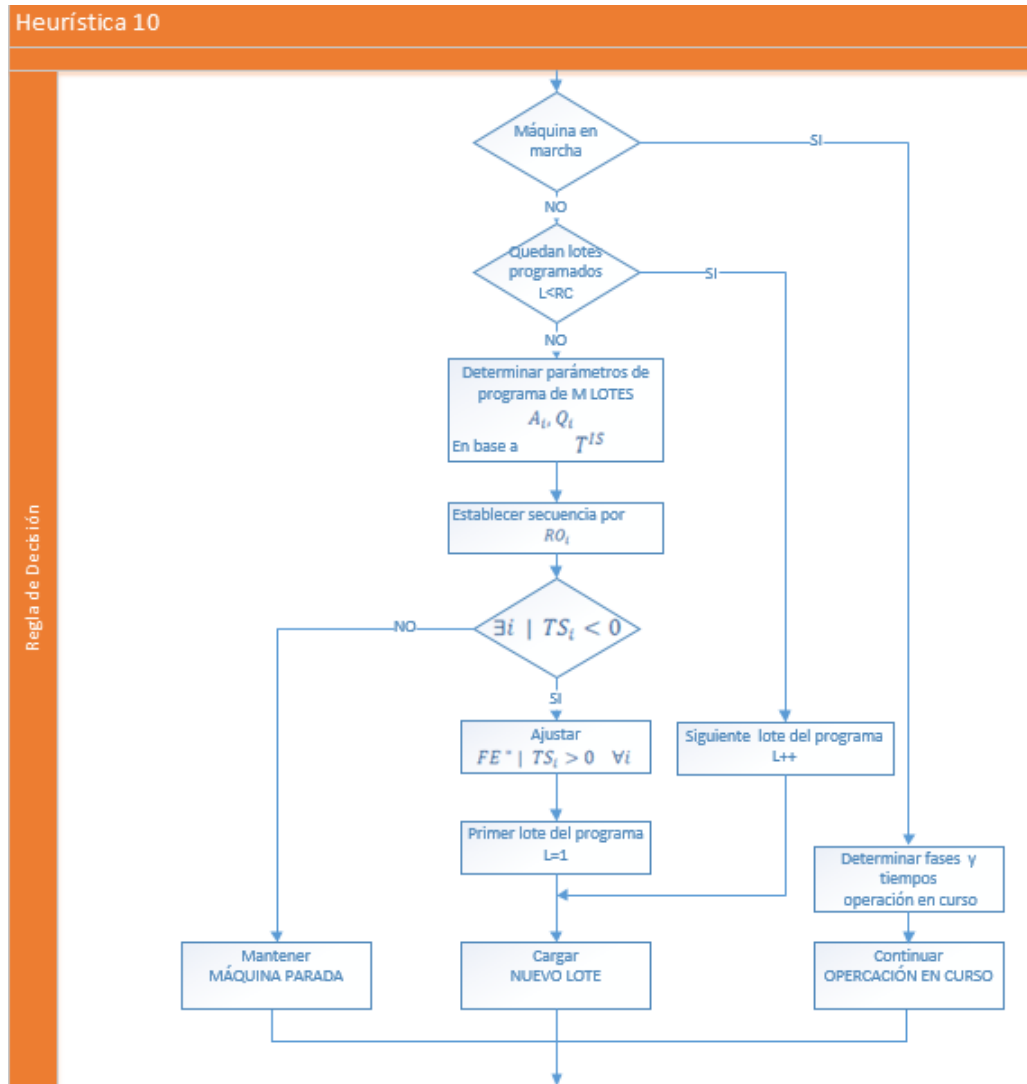


Figura 4.8. Regla de decisión Heurística Heur10 (Leven & Segersted)

#### 4.10 Conclusiones

En este capítulo se han introducido las heurísticas que han sido empleadas en el estudio de simulación descrito en el siguiente capítulo. Se ha presentado un esquema general común a todas las heurísticas contemplando la regla de decisión particular de cada heurística como una etapa dentro de la estructura general del procedimiento. Se ha introducido la subdivisión clásica del ELSA en los dos subproblemas clásicos de lotificación y secuenciación. Por último en el apartado 5 se describen en detalle los elementos de la regla de decisión particular de cada una de las 13 heurísticas.

La Tabla 4.1 muestra un resumen de los criterios más relevantes de cada una de las heurísticas.

Tabla 4.1 Resumen de las heurísticas

Heurística	Tiempo de ciclo	Secuencia	Mínimo <i>run length</i>	<i>Preemptive</i>	Interrupción por <i>Imax</i>
<i>Heur1</i> ( $s, Q^{SI}$ )	$T^{SI}$	Dinámica por $\min RO_i$	No	No	No. Lote fijo Por definición: $I_i \leq s_i + d_i T_i \quad \forall i$
<i>Heur1p</i> ( $s, Q^{SI}$ )	$T^{SI}$	Dinámica por $\min RO_i$	Si	Si	No. Lote fijo Por definición: $I_i \leq s_i + d_i T_i \quad \forall i$
<i>Heur2</i> ( $s, Q^{CC}$ )	$T^{CC}$	Dinámica por $\min RO_i$	No	No	No. Lote fijo Por definición: $I_i \leq s_i + d_i T_i \quad \forall i$
<i>Heur2p</i> ( $s, Q^{CC}$ )	$T^{CC}$	Dinámica por $\min RO_i$	Si	Si	No. Lote fijo Por definición: $I_i \leq s_i + d_i T_i \quad \forall i$
<i>Heur3</i> ( $s, Q^{PB}$ )	$T^{PB}$	Dinámica por $\min RO_i$	No	No	No. Lote fijo Por definición: $I_i \leq s_i + d_i T_i \quad \forall i$
<i>Heur3p</i> ( $s, Q^{PB}$ )	$T^{PB}$	Dinámica por $\min RO_i$	Si	Si	No. Lote fijo Por definición: $I_i \leq s_i + d_i T_i \quad \forall i$
<i>Heur4</i> ( $T, S^{SI}$ )	$T^{SI}$	Dinámica por $\min RO_i$	Si	No	No. Referencia a $\max$ $OrderuptoLevel S_i$
<i>Heur5</i> ( $T, S^{CC}$ )	$T^{CC}$	Dinámica por $\min RO_i$	Si	No	No. Referencia a $\max$ $OrderuptoLevel S_i$
<i>Heur6</i> ( $T, S^{PB}$ )	$T^{PB}$	Dinámica por $\min RO_i$	Si	No	No. Referencia a $\max$ $OrderuptoLevel S_i$
<i>Heur7</i> (Vergin&Lee)	Hasta Interrupción	Dinámica por $\min RO_i$	Si	Si	Si
<i>Heur8</i> (Frasoo)	$T^{PB}$	Dinámica por $\min RO_i$	Si	No	No. Referencia a $\max$ $OrderuptoLevel S_i$
<i>Heur9</i> (Leachman&Gascon)	$T^{PB}$ ajustado a Holguras de ítem	Dinámica por $\min RO_i$	Si	No	No. Referencia a $\max$ $OrderuptoLevel S_i$
<i>Heur10</i> (Levén&Segersted)	$T^{SI}$ ajustado a Holguras de Lote	Dinámica por $\min RO_i$	Si	No	No. Lote fijo Por definición: $I_i \leq s_i + d_i T_i \quad \forall i$



# Capítulo 5

## Descripción de la experimentación

### 5.1 Introducción

En el presente capítulo se describen las características de los experimentos de simulación que se han llevado a cabo para analizar el comportamiento de las heurísticas descritas en el capítulo 4. En esta descripción de los factores experimentales se incluye la descripción de la herramienta de simulación empleada, la descripción en detalle de los diferentes conjuntos de datos, y los parámetros de los experimentos.

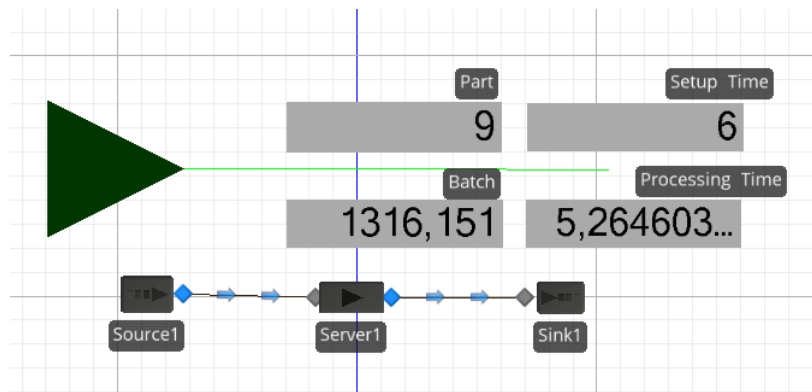
### 5.2 Objetivo de los experimentos

El propósito de los experimentos es analizar el comportamiento general de las diferentes heurísticas mediante la simulación de diferentes condiciones de trabajo. Los experimentos de simulación deben por tanto comprender una amplia variedad de condiciones del entorno, de manera que el estudio analice el rendimiento de cada heurística al enfrentarse a la resolución del problema bajo situaciones muy diversas. El diseño de este amplio conjunto de condiciones para los diferentes experimentos viene regido por la hipótesis de trabajo planteada. Según esta, el rendimiento de diferentes aproximaciones a la resolución del problema es fuertemente dependiente de las características de complejidad e incertidumbre del conjunto de datos. En relación con esto, ya ha sido introducido en el Capítulo 3, el término *driver* de complejidad y *driver* incertidumbre, como aquellos factores del problema cuya variación tiene un efecto directo sobre la complejidad y la incertidumbre del problema analizado. En este trabajo, el análisis se centra en el efecto de la utilización  $\rho$ , el número de artículos, y la homogeneidad de algunas de las características de los artículos como *drivers* de complejidad. Por otro lado, se ha considerado el efecto de la incertidumbre en la demanda como único *driver* de incertidumbre en nuestro análisis.

### 5.3 El modelo de simulación

Para evaluar el rendimiento de las heurísticas, se ha desarrollado un modelo de simulación de eventos discretos mediante el software de simulación SIMIO. Este software de simulación se emplea para modelar una gran variedad de sistemas, incluyendo sistemas de fabricación, salud, cadena de suministro, transporte, defensa, etc. Evidentemente todos estos sistemas tienen particularidades que los hacen únicos, pero desde el punto de vista de modelado son muy similares. En todos ellos existen elementos, *entities*, (piezas, camiones, pacientes, pasajeros, etc.) que se mueven a través de un sistema limitados por una serie de recursos, *resources*, (máquinas, rutas, controles de seguridad, médicos, etc.). El modelado de estos sistemas mediante SIMIO consiste en modelar el flujo de los elementos a través del sistema y su relación con los recursos que limitan ese flujo.

La arquitectura básica de nuestro modelo está constituida mediante la estructura más simple: Source-Server-Sink (Figura 5.1). El modelo está basado en la técnica de simulación de eventos discretos, que modela la operación del sistema como una secuencia temporal de eventos discretos. Cada evento ocurre en un instante particular de tiempo y define un cambio de estado en el sistema. Entre dos eventos consecutivos no se produce ningún cambio en el estado del sistema, por lo que la simulación avanza directamente en el tiempo entre dos eventos consecutivos. Los eventos fundamentales de nuestro modelo, se describieron en el esquema general de las heurísticas del capítulo 4, y son el “Fin de día” y el “Fin de lote”.



**Figura 5.1** Estructura básica del modelo en SIMIO

En la fuente (*Source*), se han implementado los algoritmos correspondientes a las heurísticas definidas en el capítulo 4. En base a estos algoritmos, se toma tanto la decisión de secuenciación, es decir, cuál debe ser el siguiente lote a liberar y en qué instante, como la de lotificación, es decir, cuál debe ser el tamaño de dicho lote. El algoritmo correspondiente a cada heurística ha sido implementado en C#. En función de la heurística bajo la que se esté realizando la simulación, SIMIO realiza una llamada al correspondiente algoritmo con los parámetros de entrada necesarios, y éste devuelve como respuesta la decisión respecto a la acción a procesar en la máquina. En la herramienta SIMIO, es posible modelar el comportamiento del sistema de una forma muy intuitiva, a través de la



definición del flujo de procesos. A modo de ejemplo, se muestra esquemáticamente en la Figura 5.2, la llamada a la regla de decisión para la heurística 1.

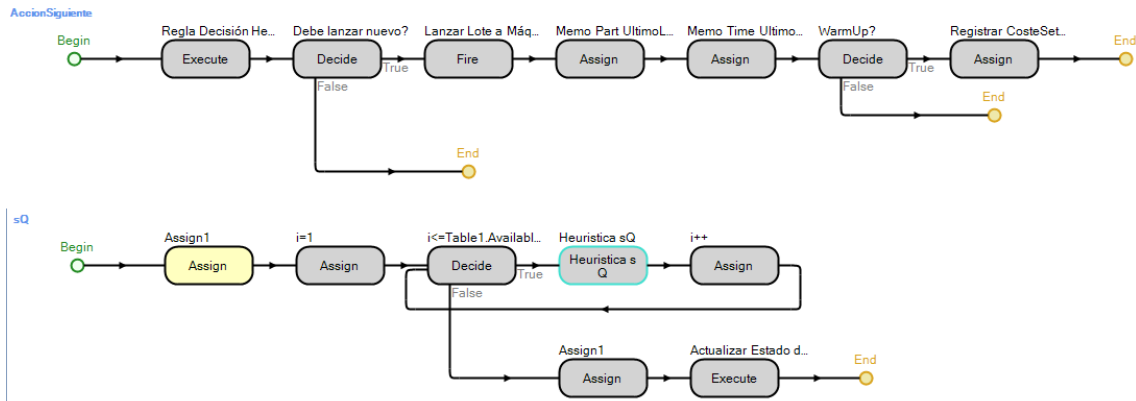


Figura 5.2 Ventana de procesos SIMIO. Llamada a la regla de decisión heurística

Una interesante funcionalidad de la herramienta SIMIO es su potencia para mostrar gráficamente el comportamiento del sistema en tiempo real de simulación. En la ventana de instalación, se pueden incluir los elementos físicos del sistema y verificar su evolución a lo largo del proceso de simulación. En nuestro modelo, se han incluido indicadores del estado en tiempo real de las variables del sistema. La Figura 5.3 muestra una visión general de la ventana de instalación del modelo.

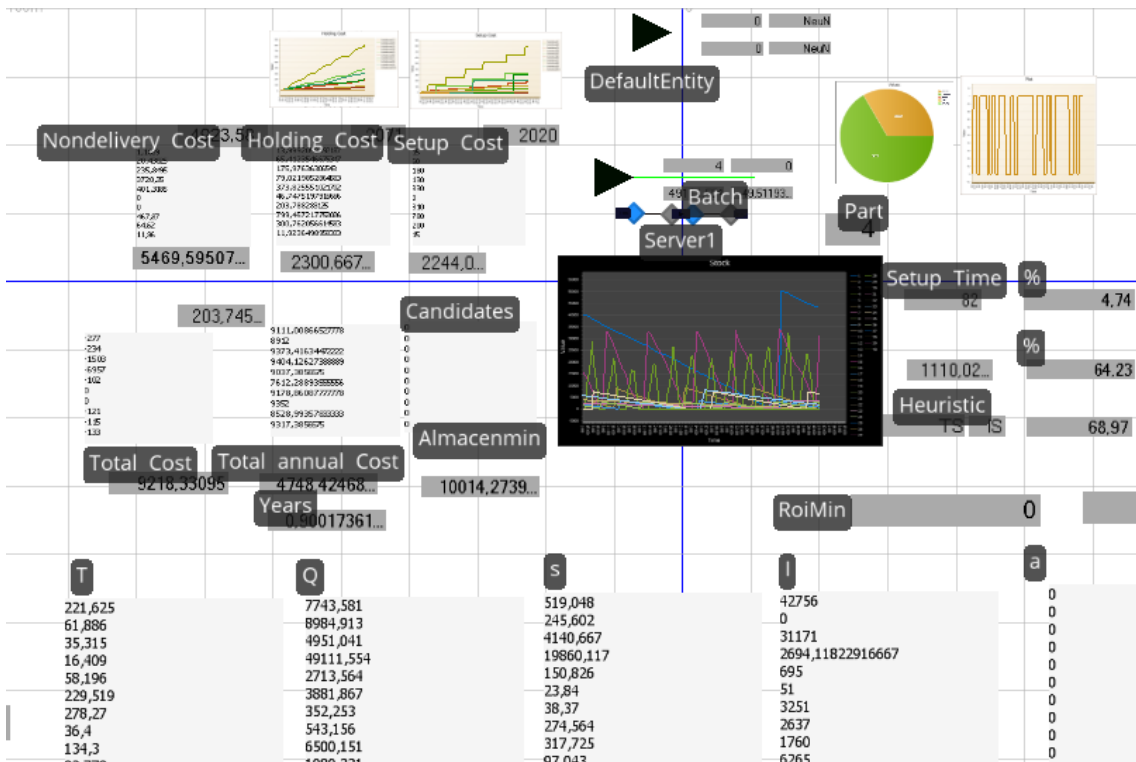


Figura 5.3 Ventana de instalación SIMIO. Visión general

## 5.4 Características de los experimentos

Para la clasificación de los factores que definen el experimento, se ha considerado por un lado el conjunto de datos concretos del problema (*Data set*), por otro las características del entorno de producción del experimento y por último los parámetros del propio experimento de simulación.

### 5.4.1 Conjuntos de datos (*Data sets*)

#### 5.4.1.1 Data set Bomberger

El primer conjunto de datos con el que se ha trabajado es el originalmente empleado por Bomberger (1966). Este conjunto de datos es con diferencia el más empleado en la literatura para el análisis del ELSP, (Segerstedt 1999; Doll y Whybark 1973; Soman et al. 2006; X. Qiu y Chang 2009; Holmbom y Segerstedt 2014; I. Moon et al. 2002). La Tabla 5.1 muestra los valores de este conjunto de datos.

**Tabla 5.1** Data set Bomberger (10 items)

Artículo ( <i>i</i> )	Coste Unitario	Ratio de demanda (Uds/día)	Ratio de producción (Uds/día)	Coste de Setup	Tiempo de Setup (Hrs)	Coste de Almacenamiento
1	0,0065	100	30.000	15	1	0,00065
2	0,1775	100	8.000	20	1	0,01775
3	0,1275	200	9.500	30	2	0,01275
4	0,1	400	7.500	10	1	0,01
5	2,785	20	2.000	110	4	0,2785
6	0,2675	20	6.000	50	2	0,02675
7	1,5	6	2.400	310	8	0,15
8	5,9	85	1.300	130	4	0,59
9	0,9	85	2.000	200	6	0,09
10	0,04	100	15.000	5	1	0,004

Es conocido que se trata de un conjunto de datos particularmente difícil de tratar, altamente heterogéneo, con gran variedad en los valores particulares de algunas características para los artículos, por ejemplo ratios de demanda o de producción (Cortés-Fibla et al. 2015). Con este conjunto de datos, la utilización del sistema, entendida como el sumatorio del ratio de utilización para cada artículo, es:

$$\rho = \sum_i d_i/p_i = 0.22 \quad (5.1)$$

En este sentido, el ratio de utilización del sistema representa el porcentaje de tiempo teóricamente necesario para producir la demanda de todos los artículos respecto al tiempo disponible. Como se puede observar, este ratio no considera los tiempos de *setup* en su formulación, siendo el porcentaje de tiempo disponible para *setups*:

$$1 - \sum_i \frac{d_i}{p_i} \quad (5.2)$$

Este porcentaje será diferente según la estrategia de producción empleada, conduciendo a un porcentaje diferente de uso de la capacidad total disponible en cada caso. Como se verá en apartados posteriores, desde su definición original el autor emplea el procedimiento de incrementar la demanda para considerar diferentes niveles de utilización para el mismo data set.

Respecto al resto de parámetros, el data set original de Bomberger los considera deterministas. En nuestro trabajo, únicamente se ha considerado la posibilidad de introducir el comportamiento estocástico en la demanda, tal como se describe en detalle en el apartado 5.4.2.3.

#### 5.4.1.2 Extensiones Data set Bomberger. *Driver* número de artículos

A partir del conjunto de datos descrito, se han generado variaciones sobre el mismo data set para introducir el número de artículos como el primer *driver* de complejidad considerado. Para ello, se han definido tres conjuntos de datos equivalentes para 20, 30 y 40 artículos, a partir del conjunto de datos original de la Tabla 5.1. Así, el data set para 20 artículos (Tabla 5.2), que se ha denominado *A20*, consiste en la unión de dos data set de 10 artículos, donde el ratio de demanda para cada artículo se ha reducido a la mitad de manera que el ratio de utilización permanece constante, con un valor de  $\rho = \sum_i \frac{d_i}{p_i} = 0.22$ .

**Tabla 5.2** Data Set *A20*. Extensión Data set Bomberger 20 Artículos

Artículo ( <i>i</i> )	Coste Unitario	Ratio de demanda (Uds/día)	Ratio de producción (Uds/día)	Coste de Setup	Tiempo de Setup (Hrs)	Coste de Almacenamiento
1	0,0065	50	30000	15	1	0,00065
2	0,1775	50	8000	20	1	0,01775
3	0,1275	100	9500	30	2	0,01275
4	0,1	200	7500	10	1	0,01
5	2,785	10	2000	110	4	0,2785
6	0,2675	10	6000	50	2	0,02675
7	1,5	3	2400	310	8	0,15
8	5,9	42,5	1300	130	4	0,59
9	0,9	42,5	2000	200	6	0,09
10	0,04	50	15000	5	1	0,004
11	0,0065	50	30000	15	1	0,00065
12	0,1775	50	8000	20	1	0,01775
13	0,1275	100	9500	30	2	0,01275
14	0,1	200	7500	10	1	0,01
15	2,785	10	2000	110	4	0,2785
16	0,2675	10	6000	50	2	0,02675
17	1,5	3	2400	310	8	0,15
18	5,9	42,5	1300	130	4	0,59
19	0,9	42,5	2000	200	6	0,09
20	0,04	50	15000	5	1	0,004

Mediante el mismo procedimiento de trabajo se han construido el data set para 30 artículos, que denominados *A30*, mostrado en la Tabla 5.3.

**Tabla 5.3.** Data Set A30. Extensión Data set Bomberger 30 Artículos

Artículo ( <i>i</i> )	Coste Unitario	Ratio de demanda (Uds/día)	Ratio de producción (Uds/día)	Coste de Setup	Tiempo de Setup (Hrs)	Coste de Almacenamiento
1	0,0065	33,33	30000	15	1	0,00065
2	0,1775	33,33	8000	20	1	0,01775
3	0,1275	66,67	9500	30	2	0,01275
4	0,1	133,33	7500	10	1	0,01
5	2,785	6,67	2000	110	4	0,2785
6	0,2675	6,67	6000	50	2	0,02675
7	1,5	2,00	2400	310	8	0,15
8	5,9	28,33	1300	130	4	0,59
9	0,9	28,33	2000	200	6	0,09
10	0,04	33,33	15000	5	1	0,004
11	0,0065	33,33	30000	15	1	0,00065
12	0,1775	33,33	8000	20	1	0,01775
13	0,1275	66,67	9500	30	2	0,01275
14	0,1	133,33	7500	10	1	0,01
15	2,785	6,67	2000	110	4	0,2785
16	0,2675	6,67	6000	50	2	0,02675
17	1,5	2,00	2400	310	8	0,15
18	5,9	28,33	1300	130	4	0,59
19	0,9	28,33	2000	200	6	0,09
20	0,04	33,33	15000	5	1	0,004
21	0,0065	33,33	30000	15	1	0,00065
22	0,1775	33,33	8000	20	1	0,01775
23	0,1275	66,67	9500	30	2	0,01275
24	0,1	133,33	7500	10	1	0,01
25	2,785	6,67	2000	110	4	0,2785
26	0,2675	6,67	6000	50	2	0,02675
27	1,5	2,00	2400	310	8	0,15
28	5,9	28,33	1300	130	4	0,59
29	0,9	28,33	2000	200	6	0,09
30	0,04	33,33	15000	5	1	0,004

Y análogamente el data set A40, extensión para 40 artículos del data set original de Bomberger para 10 artículos, mostrado en la Tabla 5.4.

Para todos los data set descritos en esta sección el ratio de utilización es el mismo, de  $\rho = \sum_i \frac{d_i}{p_i} = 0,22$ .

**Tabla 5.4** Data Set A40. Extensión Data set Bomberger 40 Artículos

Artículo (i)	Coste Unitario	Ratio de demanda (Uds/día)	Ratio de producción (Uds/día)	Coste de Setup	Tiempo de Setup (Hrs)	Coste de Almacenamiento
1	0,0065	25,00	30000	15	1	0,0065
2	0,1775	25,00	8000	20	1	0,01775
3	0,1275	50,00	9500	30	2	0,01275
4	0,1	100,00	7500	10	1	0,01
5	2,785	5,00	2000	110	4	0,2785
6	0,2675	5,00	6000	50	2	0,02675
7	1,5	1,50	2400	310	8	0,15
8	5,9	21,25	1300	130	4	0,59
9	0,9	21,25	2000	200	6	0,09
10	0,04	25,00	15000	5	1	0,004
11	0,0065	25,00	30000	15	1	0,0065
12	0,1775	25,00	8000	20	1	0,01775
13	0,1275	50,00	9500	30	2	0,01275
14	0,1	100,00	7500	10	1	0,01
15	2,785	5,00	2000	110	4	0,2785
16	0,2675	5,00	6000	50	2	0,02675
17	1,5	1,50	2400	310	8	0,15
18	5,9	21,25	1300	130	4	0,59
19	0,9	21,25	2000	200	6	0,09
20	0,04	25,00	15000	5	1	0,004
21	0,0065	25,00	30000	15	1	0,0065
22	0,1775	25,00	8000	20	1	0,01775
23	0,1275	50,00	9500	30	2	0,01275
24	0,1	100,00	7500	10	1	0,01
25	2,785	5,00	2000	110	4	0,2785
26	0,2675	5,00	6000	50	2	0,02675
27	1,5	1,50	2400	310	8	0,15
28	5,9	21,25	1300	130	4	0,59
29	0,9	21,25	2000	200	6	0,09
30	0,04	25,00	15000	5	1	0,004
31	0,0065	25,00	30000	15	1	0,0065
32	0,1775	25,00	8000	20	1	0,01775
33	0,1275	50,00	9500	30	2	0,01275
34	0,1	100,00	7500	10	1	0,01
35	2,785	5,00	2000	110	4	0,2785
36	0,2675	5,00	6000	50	2	0,02675
37	1,5	1,50	2400	310	8	0,15
38	5,9	21,25	1300	130	4	0,59
39	0,9	21,25	2000	200	6	0,09
40	0,04	25,00	15000	5	1	0,004

#### 5.4.1.3 Extensiones Data set Bomberger. *Driver* homogeneidad en los ratios de demanda

Es habitual que la relación entre las demandas individuales de los artículos presente variaciones en diferentes entornos productivos. Existen entornos con poca variedad de artículos, y donde la demanda promedio es relativamente uniforme, mientras que por otro lado, es muy frecuente encontrar situaciones en las que un pequeño porcentaje de los artículos concentran la mayor parte de la demanda atendida. Así, resulta común que el 20 por ciento de los artículos impliquen el 80% de las ventas (Ronald H. Ballou 1999; Christopher 2007). Por tanto, parece interesante considerar el efecto de este factor de complejidad sobre el rendimiento de las diferentes heurísticas.

Para introducir el *driver* de homogeneidad en los ratios de demanda en los experimentos, de nuevo se han generado extensiones del conjunto de datos original de Bomberger para 10 ítems. Para ello, se han introducido variaciones en las demandas particulares de los artículos, para generar 4 conjuntos de ratios de demanda HD1 a HD4. El resto de parámetros del data set, como ratios de utilización, costes unitarios, de *setup* y de

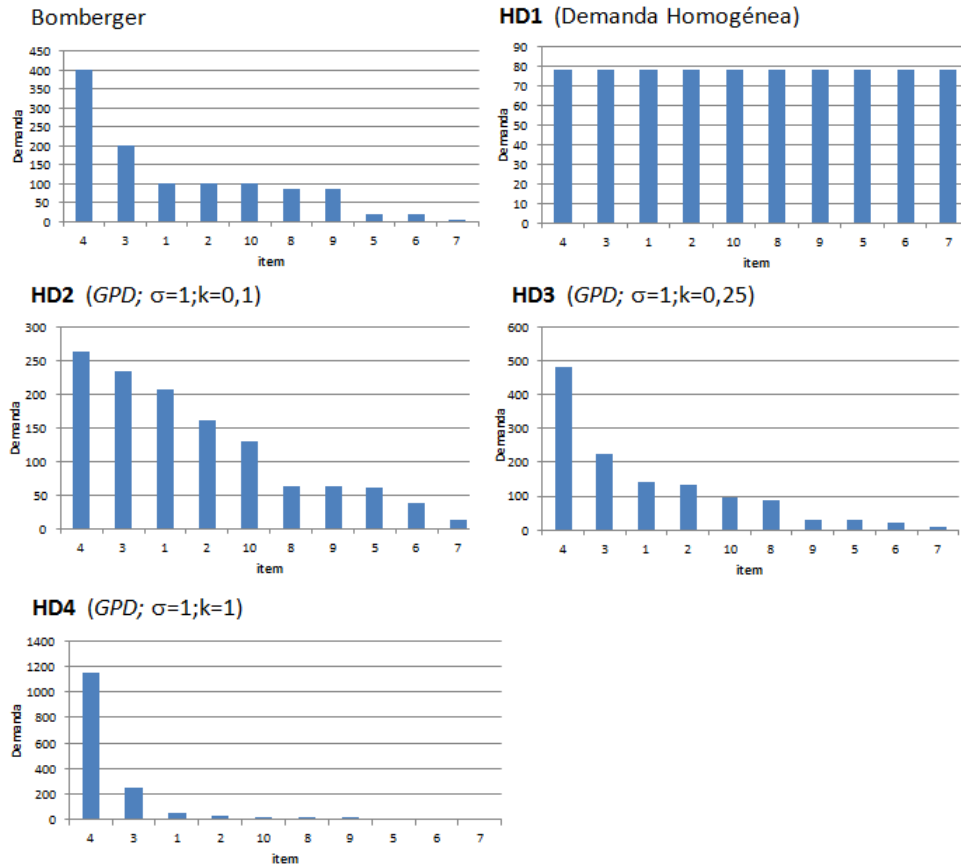
almacenamiento, así como tiempos de *setup* permanecen inalterados respecto al data set original de Bomberger. El conjunto HD1 es homogéneo, con el mismo ratio de demanda para cada artículo. Los conjuntos HD2 a HD4 presentan un patrón basado en la Distribución de Pareto Generalizada (GPD), con el mismo factor de escala ( $\sigma = 1$ ), pero con diferente factor de forma en cada uno de los tres casos. La distribución de Pareto permite modelar comportamientos como el de la distribución de demanda descrito al inicio de esta sección. Para el caso considerado, es posible ajustar los valores particulares de demanda de cada artículo a la función de densidad de probabilidad de la distribución de Pareto. Para los conjuntos HD2, HD3 y HD4, se emplean los factores de forma  $k=0.1$ ,  $k=0.25$  y  $k=1$  respectivamente, obteniendo los datos mostrados en la Tabla 5.5

**Tabla 5.5 .** Data Sets HD1 a HD4.

Extensiones Data set Bomberger. *Driver* homogeneidad demanda

Artículo (i)	Coste Unitario	Ratio de producción (Uds/día)	Coste de Setup	Tiempo de Setup (Hrs)	Coste de Almacenamiento	Ratio de demanda (Uds/día)				
						Bomberger	HD1	HD2	HD3	HD4
1	0,0065	30000	15	1	0,00065	100,00	78,33	207,20	142,10	56,81
2	0,1775	8000	20	1	0,01775	100,00	78,33	161,23	134,96	35,95
3	0,1275	9500	30	2	0,01275	200,00	78,33	235,63	225,85	253,45
4	0,1	7500	10	1	0,01	400,00	78,33	264,22	482,80	1145,62
5	2,785	2000	110	4	0,2785	20,00	78,33	61,62	28,93	14,41
6	0,2675	6000	50	2	0,02675	20,00	78,33	38,52	20,34	4,27
7	1,5	2400	310	8	0,15	6,00	78,33	14,42	8,14	3,22
8	5,9	1300	130	4	0,59	85,00	78,33	64,63	88,46	21,36
9	0,9	2000	200	6	0,09	85,00	78,33	63,53	30,16	15,25
10	0,04	15000	5	1	0,004	100,00	78,33	131,89	97,10	22,02

La relación entre los valores de la demanda de los artículos está representada gráficamente en la Figura 5.4 mediante un gráfico tipo ABC, para cada conjunto de demanda. Esta relación responde para los conjuntos HD2 a HD4 a un patrón habitual en la industria, donde la importancia relativa da cada artículo (en función de su demanda) varía de una forma más o menos acusada, desde unos pocos artículos concentrando la mayor parte de la demanda, hasta el resto de artículos con pequeñas contribuciones individuales decrecientes hasta completar la totalidad de la demanda.



**Figura 5.4.** Ratios de demanda conjuntos HD1 a HD4

En la definición de los valores de demanda para cada conjunto de datos, se ha tenido en cuenta los ratios de producción de cada artículo para mantener en el data set el mismo valor para el ratio de utilización del sistema  $\rho = \sum_i \frac{d_i}{p_i} = 0,22$ .

#### 5.4.1.4 Extensiones Data set Bomberger. *Driver* dimensionalidad de los artículos (Homogeneidad en el ratio de utilización $\rho$ )

En el capítulo 2 también se ha mencionado como *driver* de complejidad la homogeneidad en el ratio de utilización de los artículos. Se denomina dimensionalidad a la característica que identifica la homogeneidad en los ratios de utilización de los artículos, por la cual la relación entre el ratio de producción y el de demanda es comparable entre los diferentes artículos. Un entorno con ratios de utilización iguales para todos los artículos implicaría una situación en la que el tiempo de uso de máquina, sin considerar *setups*, necesario para producir el stock para satisfacer la demanda por unidad de tiempo de todos los artículos es el mismo. A priori, parece lógico considerar que, en esta situación, debería de resultar más sencillo acomodar los ciclos de producción de los artículos, por ejemplo mediante la aproximación de ciclo común, que en el caso de que exista mayor diversidad en los ratios de utilización. Por tanto nos parece relevante considerar la influencia de la diversidad en los ratios de utilización sobre el rendimiento de las heurísticas definidas. De nuevo, para introducir este *driver* de complejidad en los experimentos, se han generado extensiones del conjunto de datos original de Bomberger para 10 ítems.

Para ello, se han introducido variaciones en las demandas individuales de los artículos, para construir cuatro conjuntos de demanda HU1 a HU4. En el conjunto HU1 las demandas son tales que el ratio de utilización para todos los artículos es homogéneo. En los conjuntos HU2 a HU4 las demandas son tales que el ratio de utilización de los artículos presenta un patrón basado de nuevo en la distribución de Pareto Generalizada, con los mismos parámetros del apartado 5.4.1.3. De esta forma el data set es el mostrado en la Tabla 5.6.

**Tabla 5.6** Data sets HU1 a HU4.

Extensiones Data set Bomberger. Factor dimensionalidad de los artículos (ratios de utilización)

Artículo (i)	Coste unitario	Ratio de producción (Uds/día)	Tiempo de Setup (Hrs)	Coste de Almacenamiento	Variaciones de ratio de Demanda										
					Bomberger		HU1		HU2		HU3		HU4		
					Demanda (Uds/día)	Utilization	Demanda (Uds/día)	Utilization	Demanda (Uds/día)	Utilization	Demanda (Uds/día)	Utilization	Demanda (Uds/día)	Utilization	
1	0,0065	30000	15	1	0,00065	100,00	0,0033	661,81	0,0221	328,10	0,0109	152,12	0,0051	60,67	0,0020
2	0,1775	8000	20	1	0,01775	100,00	0,0125	176,48	0,0221	187,28	0,0234	136,13	0,0170	24,71	0,0031
3	0,1275	9500	30	2	0,01275	200,00	0,0211	209,57	0,0221	271,86	0,0286	224,69	0,0237	47,91	0,0050
4	0,1	7500	10	1	0,01	400,00	0,0533	165,45	0,0221	313,67	0,0418	296,84	0,0396	266,70	0,0356
5	2,785	2000	110	4	0,2785	20,00	0,0100	44,12	0,0221	22,94	0,0115	31,00	0,0155	5,99	0,0030
6	0,2675	6000	50	2	0,02675	20,00	0,0033	132,36	0,0221	41,03	0,0068	21,39	0,0036	3,59	0,0006
7	1,5	2400	310	8	0,15	6,00	0,0025	52,94	0,0221	6,14	0,0026	3,42	0,0014	1,09	0,0005
8	5,9	1300	130	4	0,59	85,00	0,0654	28,68	0,0221	60,97	0,0469	109,99	0,0846	208,95	0,1607
9	0,9	2000	200	6	0,09	85,00	0,0425	44,12	0,0221	73,55	0,0368	49,80	0,0249	15,94	0,0080
10	0,04	15000	5	1	0,004	100,00	0,0067	330,91	0,0221	169,14	0,0113	79,28	0,0053	32,10	0,0021
							0,2206		0,2206		0,2206		0,2206		0,2206

De nuevo, los valores de la demanda individuales han sido definidos para mantener el ratio de utilización del sistema en el habitual  $\rho = \sum_i \frac{d_i}{p_i} = 0,22$ .

La distribución de los ratios de utilización individuales de los artículos correspondientes a esos conjuntos de demanda puede verse gráficamente en la Figura 5.5. De nuevo los valores para HU2 a HU4 presentan distribuciones frecuentes en la industria, bajos la cual la concentración de utilización por artículo pasa de estar relativamente distribuida entre los diferentes artículos (HU2), a estar altamente concentrada en pocos de ellos (HU4).



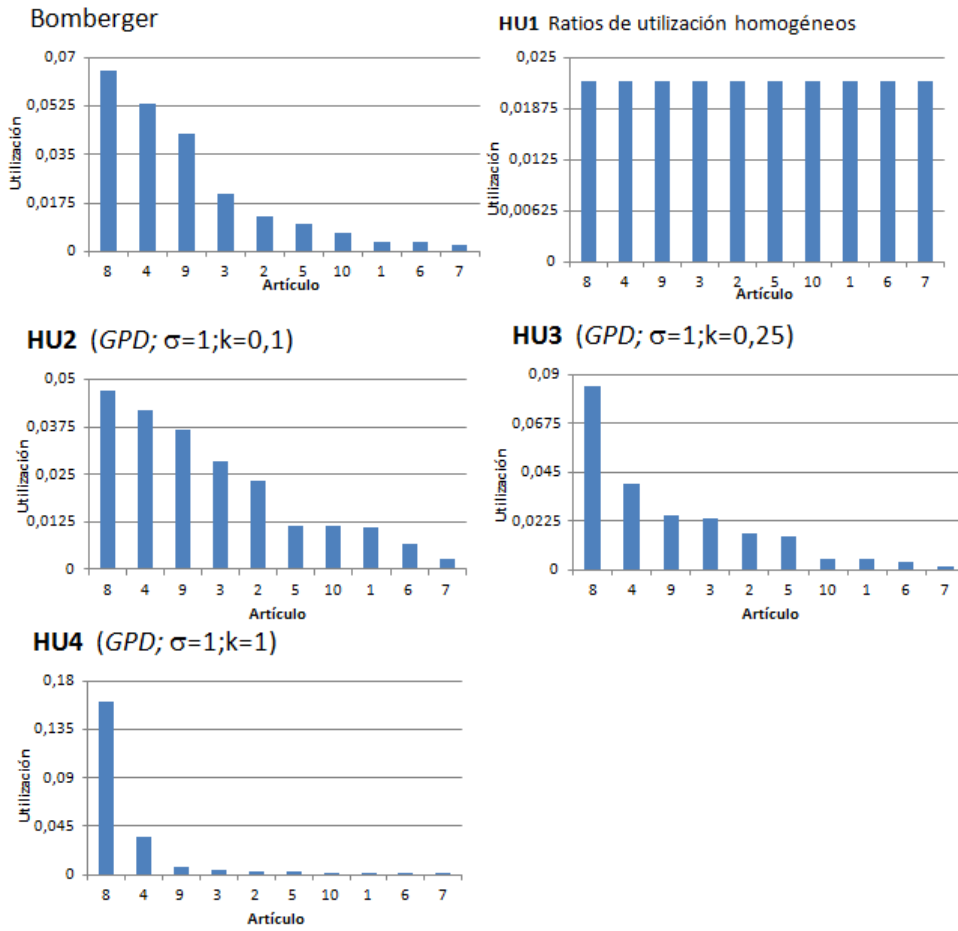


Figura 5.5 Ratios de utilización conjuntos HU1 a HU4

#### 5.4.1.5 Data set Homogéneo

En el trabajo de Vaughan (2007), el autor plantea un conjunto de datos para 3, 5 y 10 artículos en los que los parámetros tiempo de *setup*, ratio de producción y demanda y costes de almacenamiento son idénticos para todos los artículos. En su estudio el autor no analiza el rendimiento de las heurísticas en función del coste, por lo que no define explícitamente los costes para su conjunto de datos. Inspirado en el planteamiento del autor de un conjunto completamente homogéneo, se ha construido un conjunto de datos de 10 artículos, que se ha denominado data set HH, que se muestra en la Tabla 5.7, estableciendo los valores de ratios de producción y de demanda para de nuevo mantener una utilización total del sistema de  $\rho = \sum_i \frac{d_i}{p_i} = 0,22$ , para el data set básico.

**Tabla 5.7** Data Set HH. Data set Homogéneo 10 Artículos

Artículo ( <i>i</i> )	Coste Unitario	Ratio de demanda (Uds/día)	Ratio de producción (Uds/día)	Coste de Setup	Tiempo de Setup (Hrs)	Coste de Almacenamiento
1	5	10,00	453,3011149	41	2	0,5
2	5	10,00	453,3011149	41	2	0,5
3	5	10,00	453,3011149	41	2	0,5
4	5	10,00	453,3011149	41	2	0,5
5	5	10,00	453,3011149	41	2	0,5
6	5	10,00	453,3011149	41	2	0,5
7	5	10,00	453,3011149	41	2	0,5
8	5	10,00	453,3011149	41	2	0,5
9	5	10,00	453,3011149	41	2	0,5
10	5	10,00	453,3011149	41	2	0,5

Como puede observarse, las características de todos los artículos son exactamente las mismas, por lo que todos ellos comparten el mismo tiempo de ciclo bajo una aproximación de solución independiente. Además, como se ha puesto de manifiesto en el capítulo 3, resulta evidente que para este conjunto de datos, el tiempo de ciclo bajo una aproximación por el método de ciclo común, y por el de periodo básico es el mismo para todos los artículos y correspondiente al tiempo de ciclo óptimo.

#### 5.4.2 Características del entorno de producción del experimento

El segundo factor que caracteriza el experimento de simulación son las características del entorno productivo. Así, aspectos como la propia regla de decisión heurística empleada, el nivel de utilización total de la planta, en relación con la demanda o el grado de incertidumbre en el comportamiento de la demanda condicionan los escenarios de simulación ante un mismo data set.

##### 5.4.2.1 Regla de decisión heurística

Las reglas de decisión heurísticas empleadas en el experimento de simulación son las 10 reglas descritas en el capítulo anterior. El uso de las heurísticas descritas condiciona evidentemente el entorno productivo en la medida en que define la toma de decisión de lotificación y secuenciación. En este sentido, tal como se ha descrito en la introducción, las heurísticas tienen un efecto directo en la propia complejidad del problema.

##### 5.4.2.2 Nivel de utilización $\rho$

Ya desde su trabajo original, Bomberger (1966) trabaja con diferentes niveles de utilización para su data set. En este caso el original de la Tabla 5.1, de 0.22, y dos más de 0.66 y 0.88, para los cuales el autor multiplica la demanda individual por artículo, por un factor 3 y 4 respectivamente. A partir de este trabajo, y de este planteamiento para la consideración del nivel de utilización los niveles de 0.22, 0.44, 0.66, 0.88, se han convertido en valores de uso habitual en múltiples estudios. En el trabajo de Vidal-Carreras (2011), se trabaja con estos

mismos valores de nivel de utilización, pero el procedimiento utilizado por la autora para obtenerlos consiste en reducir el ratio de producción en lugar de incrementar el ratio de demanda, obteniendo evidentemente el mismo valor para el ratio.

En todos los data set presentados a lo largo de este capítulo el nivel de utilización es de 0.22. En los experimentos se ha recurrido al procedimiento de multiplicar los ratios de demanda por el factor 2, 3, 4 para obtener los correspondientes ratios de 0.44, 0.66 y 0.88.

#### **5.4.2.3 Grado de incertidumbre en la demanda**

Respecto a la incertidumbre en la demanda, el data set original de Bomberger considera demanda determinista. Se ha comentado en el capítulo del estado del arte que numerosos trabajos han introducido en el modelo el comportamiento estocástico de la demanda desde hace más de cuatro décadas. Con esta consideración, que evidentemente aproxima el problema a la realidad industrial, se obliga a que la decisión respecto al uso de máquina se convierta en una decisión dinámica. Como se ha comentado, uno de los procedimientos más habituales empleados para modelar el comportamiento de la demanda consiste en considerar existencia de demanda en todos los periodos, y asumir que la cantidad demandada sigue una distribución normal de media y varianza conocidas (Leachman y Gascon 1988; Gascon et al. 1994; Leachman et al. 1991; Soman et al. 2006; Brander et al. 2005; Brander y Forsberg 2006; Levén y Segerstedt 2007; Vidal-Carreras 2011; Fransoo et al. 1995). En este trabajo los valores de demanda se distribuyen según una distribución normal de media los valores reflejados en el data set para cada artículo. Se han introducido tres diferentes niveles de incertidumbre mediante la consideración de un valor diferente en la varianza de la distribución normal en cada caso. Así, se ha trabajado con coeficientes de variación de 0.1, 0.3 y 0.5.

#### **5.4.2.4 Costes de no entrega**

El modelo clásico de lote económico de producción *EMQ* (Taft 1918), descrito en detalle en el capítulo 3, plantea los costes de gestión de un artículo únicamente como suma de los costes de almacenamiento y de lanzamiento por otro. El modelo, se plantea para unas condiciones de producción con demanda constante, y para un único producto. En los experimentos de simulación planteados, en los que se trabaja con demanda estocástica y múltiples ítems, es frecuente que se produzcan conflictos por el uso de la máquina. Estos conflictos o interferencias pueden derivar en roturas de stock, en los que el inventario de alguno de los artículos es insuficiente para abastecer la demanda. En los experimentos se ha modelado esta situación considerando con uno de los planteamientos más habituales en la bibliografía, descrito en el capítulo 2: el de venta perdida. Es ampliamente reconocido que los costes de no entrega son probablemente los más difíciles de estimar en un modelo. Aún así, para valorar su efecto el efecto de las roturas de stock sobre el rendimiento de las heurísticas, se ha considerado en el cálculo de de costes totales un coste de no entrega del 10% del coste de artículo, de forma similar a (Soman et al. 2006).

### **5.4.3 Parámetros de la simulación**

El último factor que define el experimento de simulación realizado, son los propios parámetros del experimento. Los conjuntos de datos presentados en los apartados anteriores definen un entorno productivo determinado, pero los parámetros bajo los que se analiza el rendimiento de las heurísticas forman parte del experimento en sí, y deben ser considerados en el análisis.

#### **5.4.3.1 Duración del periodo de calentamiento (*Warm up period*)**

Es frecuente en los estudios de simulación para el ELSP presentados en la literatura, (Brander et al. 2005; Gallego 1990; Soman et al. 2006), el uso de un periodo denominado de “calentamiento” o *warm up* en el que no se registran resultados del experimento. Transcurrido este periodo, los datos son registrados con normalidad hasta el final del periodo de simulación y tenidos en cuenta en el análisis. Este recurso se utiliza para evitar que los datos concretos de problema estudiado, en particular los inventarios iniciales, puedan introducir distorsión en el resultado del experimento de simulación. Un periodo de entre 600 y 1000 días de *warm up* es adecuado para obtener resultados estables con algunas de las heurísticas más comúnmente empleadas para el ELSP (Vidal-Carreras et al. 2009). En todos los experimentos de nuestro trabajo se ha asumido un periodo de calentamiento correspondiente a 960 días.

#### **5.4.3.2 Periodo de simulación**

El periodo de simulación es la duración total del experimento. Desde los primeros estudios de simulación del ELSP ha habido cierta variabilidad respecto al periodo de simulación empleado. Vergin y Lee (1978) trabajan con un experimento de 5 años, mientras que Leachman y Gascon (1988) trabajan con un experimento de 5 meses, Soman et al. (2006) plantean su experimento para 3000 días, tras 3000 días de *warm up* y Paternina-Arboleda y Das (2005) trabajan con 12000 días y 2400 días de *warm-up*. No hay mención respecto a la influencia de este factor en los resultados de los experimentos. Algunos autores mencionan la necesidad de generalizar los resultados incluyendo el análisis de la influencia de este factor (Winands et al. 2011).

En nuestro experimento, al igual que en Brander et al.(2005), se han registrado datos durante un periodo de simulación de 960 días, equivalente a 4 años de producción. Los datos para el análisis se expresan en valores medios anuales de cada parámetro de salida, durante el periodo de simulación.

#### **5.4.3.3 Inventarios iniciales**

No es habitual encontrar referencias a los niveles de inventarios iniciales para cada artículo utilizados en estudios de simulación. En la comparativa de heurísticas presentada

en Gascon et al. (1994), los autores mencionan que los inventarios iniciales se han definido lo “suficientemente altos” para comprobar el comportamiento de las heurísticas ante esta situación inicial. Algunos autores, (Soman et al. 2006; Löhndorf et al. 2014; Fransoo et al. 1995; Vergin y Lee 1978; Paternina-Arboleda y Das 2005), ni siquiera los definen expresamente al describir el experimento de simulación. El trabajo de Brander et al. (2005) es uno de los pocos que los define expresamente. En nuestro trabajo, para los experimentos de simulación, se ha trabajado con dos tipos de inventarios iniciales en función del experimento.

Por un lado, en los experimentos para analizar el comportamiento de las heurísticas en función del entorno de producción, se ha fijado un valor para los inventarios iniciales igual al inventario medio que correspondería al ciclo óptimo para cada artículo, calculado según la aproximación de solución independiente:

$$I_{i0} = \frac{1}{2} I_{max_i} = \frac{1}{2} d_i T^{SI}_i \left(1 - \frac{d_i}{p_i}\right) = \sqrt{\frac{A_i d_i \left(1 - \frac{d_i}{p_i}\right)}{2h_i}} \quad (5.3)$$

Por otro lado, se han realizado una serie de experimentos para verificar la influencia de los inventarios iniciales. En estos experimentos se ha trabajado con inventarios iniciales aleatorios, así como con porcentajes del 50%, 100%, 150% y 200% del expresado en (5.3).

#### 5.4.3.4 N° de repeticiones por experimento

Para cada experimento de simulación se ha llevado a cabo un total de 10 repeticiones por experimento, con diferentes valores semilla aleatorios para el cálculo de los valores de demanda por periodo en función de los coeficientes de variabilidad aplicados. Habitualmente los estudios de simulación presentados en la literatura emplean un número de repeticiones entre 5 y 10, bajo los cuales el comportamiento de las variables de salida del experimento presentan valores estables (Soman et al. 2006; Brander y Forsberg 2006; Brander et al. 2005; X. Qiu y Chang 2009)

#### 5.4.4 Resumen de los experimentos

A partir de los entornos de producción y conjuntos de datos descritos en el apartado anterior, se han desarrollado los experimentos de simulación. La Tabla 5.8 describe el conjunto de experimentos y los escenarios en cada uno de ellos.

El experimento denominado E1, evalúa el comportamiento de las 10 heurísticas consideradas, bajo 4 niveles de utilización y 3 niveles de incertidumbre en la demanda para el Data Set Bomberger 10 artículos. En este experimento, se ha trabajado únicamente con los niveles de inventario iniciales descritos en el apartado 5.4.3.3.

En el experimento E2 se evalúa el comportamiento de las 10 heurísticas bajo los mismo escenarios de utilización e incertidumbre en la demanda, en este caso introduciendo la variante del número de artículos, a través de los data sets A20, A30 y A40. De nuevo, en este experimento, se ha trabajado únicamente con los niveles de inventario iniciales descritos en el apartado 5.4.3.3.

En el experimento E3, de nuevo para las 10 heurísticas y los mismos escenarios de utilización e incertidumbre en la demanda, se introduce el factor de la homogeneidad en los ratios de demanda, mediante los data sets, HD1, HD2, HD3 y HD4. Al igual que en los experimentos anteriores se ha trabajado únicamente con los niveles de inventario iniciales descritos en el apartado 5.4.3.3.

En el experimento E4, sobre la misma estructura de los experimentos anteriores, para las 10 heurísticas y los niveles de utilización y demanda descritos, se trabaja con el factor de la dimensionalidad, mediante las variaciones en los ratios de utilización de los artículos, a través de los data set HU1, HU2, HU3 y HU4. De nuevo para este experimento se han considerado únicamente los niveles de inventario iniciales descritos en el apartado 5.4.3.3.

El experimento denominado E5 se considera el factor de homogeneidad en los parámetros del conjunto de datos, para lo que se evalúa de nuevo el comportamiento de las 10 heurísticas bajo los 4 niveles de utilización y 3 niveles de incertidumbre en la demanda, en este caso para el Data Set homogéneo de 10 artículos que se ha denominado HH. De nuevo para este experimento se ha trabajado únicamente con los niveles de inventario iniciales descritos en el apartado 5.4.3.3.

Tabla 5.8 Escenarios de los Experimentos

	Experimento					
	E1	E2	E3	E4	E5	E6
<b>Escenarios Entorno producción</b>						
<b>Heurística</b>						
Valores (HEUR1, HEUR2, HEUR3, HEUR1p, HEUR2p, HEUR3p, HEUR4, HEUR5, HEUR6, HEUR7, HEUR8, HEUR9, HEUR10)	13					
<b>Ratio de Utilización</b>						
Valores pi (0.22, 0.44, 0.66, 0.88)	4					
<b>Coefficiente de variación demanda</b>						
Valores CoV (0.1, 0.3, 0.5)	3					
<b>Escenarios Data Sets</b>						
<b>Bomberger Original</b>	1 Bomberger					1 Bomberger
<b>Variante Número Artículos</b>	3 A20, A30, A40					
<b>Variante Homogeneidad Ratios de Demanda</b>	4 HD1, HD2, HD3, HD4					
<b>Variante Dimensionalidad de Artículos (Ratios utilización)</b>	4 HU1, HU2, HU3, HU4					
<b>Variante Homogeneidad Data set</b>	1 HH1					
<b>Escenarios Inventarios iniciales</b>						
	1	1	1	1	1	4 Random, 50%, 150%, 200%
	100%	100%	100%	100%	100%	
<b>Número total de escenarios del experimento</b>	<b>156</b>	<b>468</b>	<b>624</b>	<b>624</b>	<b>156</b>	<b>624</b>

Por último, en el experimento E6, se ha evaluado la influencia de los inventarios iniciales en el rendimiento de las heurísticas, bajo diferentes escenarios. Para ello, de nuevo se ha evaluado el comportamiento de cada una de las 10 heurísticas, bajo los niveles de utilización e incertidumbre en la demanda de los experimentos anteriores, para el data set original de Bomberger. En este caso, se han introducido para cada escenario variaciones en los niveles de inventario iniciales de los artículos. Para ello, se ha realizado experimentos con valores diferentes para los inventarios iniciales, tal como se ha descrito en el apartado 5.4.3.3.

Para cada uno de los escenarios descritos, se han llevado a cabo 10 réplicas de experimento de simulación y tomado el valor medio para su consideración en el análisis de resultados descrito en el siguiente capítulo.

## **5.5 Medidas de rendimiento de los experimentos**

Para evaluar el rendimiento de las heurísticas se analiza el comportamiento de diferentes variables de salida (*performance measures*) evaluadas en cada experimento. En este estudio, las principales medidas de rendimiento empleadas son:

- Estabilidad del tiempo de ciclo
- N° de *setups*
- Inventario medio
- Estabilidad de la secuencia de producción
- Coste Total

### **5.5.1 Estabilidad del tiempo de ciclo**

En los experimentos de simulación, el tiempo medio de ciclo para cada artículo tras el periodo de simulación es lógicamente diferente del tiempo de medio de ciclo esperado desde el punto de vista de su estrategia de lotificación. Como consecuencia de los conflictos entre diferentes ítems por el uso de máquina los lanzamientos de los lotes se producen en instantes de tiempo diferentes del previsto. De este modo, el tiempo de ciclo medio por artículo, y la desviación en relación con su tiempo de ciclo esperado, es una indicación de la capacidad de la regla de decisión de la heurística para mantener la política de lotificación deseada.



### 5.5.2 N° de *setups*

De igual modo, el registro en cada experimento del n° de *setups* realizados por artículo es un indicador clave para analizar el comportamiento de las reglas de decisión. El análisis de este n° de *setups* en relación con el n° de *setups* previstos para el criterio de lotificación de la heurística permite verificar en qué medida la regla de decisión de la heurística es capaz de mantener la política de lotificación objetivo, en las condiciones del experimento.

### 5.5.3 Inventario medio

Las heurísticas descritas en el capítulo 5, empleadas en el estudio de simulación, incorporan en su regla de decisión mecanismos para modificar el instante de lanzamiento y la cantidad de un determinado lote en función de las necesidades del entorno. La consecuencia de estas decisiones se refleja evidentemente en el inventario medio por artículo. Como se ha descrito en el capítulo 3, el inventario de un artículo desempeña tres funciones en el problema de secuenciación del lote económico con demanda estocástica. En primer lugar reduce la necesidad de emitir lotes, y por tanto el número de *setups* y así la capacidad disponible dedicada a *setups*. En segundo lugar, evita roturas de stock ante variaciones en la demanda. Y en tercer lugar, reduce la probabilidad de aparición de conflictos entre productos por el uso de la máquina ante la variación en la demanda de otro artículo (Sox et al. 1999). Así, el inventario medio por artículos, y su análisis en relación con el inventario medio previsto, permite verificar de qué modo las diferentes reglas de decisión de las heurísticas han reaccionado antes estas situaciones por las necesidades del entorno productivo en el que se ha realizado el experimento.

### 5.5.4 Estabilidad de la secuencia prevista

Las medidas de rendimiento descritas en los apartados anteriores permiten evaluar, a través de su efecto en diferentes elementos del modelo, el impacto de la inestabilidad en el tiempo de ciclo de los artículos sobre el resultado.

Sin embargo, existe otro aspecto en la programación de la producción cuyo control hemos considerado interesante reflejar en el estudio de simulación de esta tesis. La inestabilidad de la secuencia de producción prevista tiene consecuencias obvias desde el punto de vista de la programación de producción, aún cuando su efecto no se refleja en los costes del modelo general del ELSP utilizado en este trabajo. En sistemas de producción *Lean* en los que la reducción de los tiempos de *setup* constituye un objetivo en sí mismo, se trabaja a través de diferentes técnicas hacia la reducción de los tiempos de cambio de partida hasta unidades de un solo dígito en minutos. Este concepto se conoce habitualmente como SMED por el acrónimo de su definición en inglés (*Single Minute Exchange of Die*) (Shigeo Shingo 1985). Uno de los aspectos más importantes de cualquier proyecto de mejora de los tiempos de *setup* bajo una aproximación SMED consiste en separar entre ajustes de máquina internos y ajuste de máquina externos. Los ajustes de máquina externos son aquellos que

pueden llevarse a cabo con la máquina en marcha. Una vez identificados y clasificados los ajustes necesarios, el siguiente objetivo de la metodología consiste en tratar de convertir la mayor cantidad de los ajustes internos en ajustes externos. De este modo, la mayoría de los ajustes podrán ser llevados a cabo por el equipo responsable del cambio de partida, mientras la máquina está en marcha procesando el lote anterior. Para que esto pueda ocurrir, el grado en que la secuencia de producción ejecutada se ajusta a la secuencia de producción prevista, es decir, la estabilidad de la secuencia prevista es un aspecto clave. En entornos productivos en el que existe un alto porcentaje de ocasiones en las que la secuencia ejecutada cambia incluso para los primeros artículos programados, el riesgo de comenzar a realizar ajustes externos de máquina es elevado, lo que dificulta la implantación de una aproximación SMED bajo la estrategia descrita. Es curioso que de entre los autores que han trabajado sobre el ELSP, únicamente el trabajo de Gallego y Moon (1992), menciona que es posible reducir el tiempo de *setup* mediante la externalización del *setup*. Los autores plantean que mediante este planteamiento de externalización de parte de los tiempos de *setup* es posible mejorar el rendimiento de sistemas con alta utilización.

En este sentido se ha considerado relevante analizar en el estudio de simulación las diferencias de comportamiento de las heurísticas en relación con la estabilidad de la secuencia de producción. El modelo empleado no contempla ningún efecto en los costes de la variabilidad de la secuencia. Por ello, se ha introducido en el estudio de simulación un indicador que, a pesar de que la inestabilidad de la secuencia no se refleje en los costes, permita analizar el comportamiento de cada heurística respecto a la secuencia. Para definir el medible, se ha partido de un indicador respecto al cumplimiento de la programación habitual en entornos industriales, conocido como BTS (Build to Schedule). Uno de los factores a considerar en el cálculo del BTS es el control de la estabilidad de la secuencia (Rother y Shook 1998; Marin-Garcia y Garcia-Sabater 2011). Así, el BTS se define como el producto de tres factores relacionados con el programa de producción previsto: el comportamiento del programa respecto a volumen, el comportamiento respecto a la estructura del mix, y el comportamiento respecto a la secuencia programada, de acuerdo a Expresión:

$$BTS = Rto\ volumen \times Rto\ mix \times Rto\ secuencia \quad (5.4)$$

En este estudio, el control del comportamiento respecto a la secuencia programada se lleva a cabo mediante el indicador de control de la secuencia, original de esta tesis, que se describe a continuación.

El indicador evalúa en qué medida los  $P$  últimos lanzamientos efectivamente ejecutados han coincidido con la secuencia prevista que la heurística había programado para el lanzamiento de esos  $P$  lotes.

Así, se define el indicador  $\overline{ES}_p$  para medir el cumplimiento de secuencias con un horizonte de  $P$  lotes ( $\overline{ES}_1$ .estabilidad de secuencias de 1 lote,  $\overline{ES}_2$ .estabilidad de secuencias de 2 lotes, etc.). Para evaluarlo, se parte del indicador:

$$ES_{P,j} \quad \forall j \geq P \tag{5.5}$$

Este indicador tomará el valor 1 si los últimos  $P$  lotes lanzados (desde el lanzamiento  $(j-P)$  hasta el lanzamiento  $j$ ) coinciden con los  $P$  lotes definidos en la secuencia prevista para ellos en el lanzamiento  $(j-P-1)$  y 0 en caso contrario. A partir de este indicador siempre es posible calcular la media tras  $j$  lanzamientos. Así, el indicador promedio  $\overline{ES}_P$  definido en (5.6) refleja el porcentaje de veces que un grupo de  $P$  lotes coincide con la secuencia prevista para ellos  $P$  lanzamientos antes.

$$\overline{ES}_P = \frac{\sum_j ES_{P,j}}{j} \quad \forall P, \forall j \geq P \tag{5.6}$$

La Tabla 5.9 muestra un sencillo ejemplo de cálculo del indicador descrito, para  $j=10$  lanzamientos y registro de la estabilidad de la secuencia programada durante  $P=1, 2, 3, 4, 5$  periodos a través de los indicadores  $\overline{ES}_1, \overline{ES}_2, \overline{ES}_3, \overline{ES}_4, \overline{ES}_5$ .

**Tabla 5.9** Ilustración numérica indicador estabilidad de la secuencia

Lanzamiento	ítem	Secuencia de ítems prevista					Estabilidad de la secuencia				
		1º	2º	3º	4º	5º	ES <sub>1j</sub>	ES <sub>2j</sub>	ES <sub>3j</sub>	ES <sub>4j</sub>	ES <sub>5j</sub>
j=0		a	b	c	d	e	--	--	--	--	--
j=1	a	b	c	d	e	a	1	--	--	--	--
j=2	b	c	d	e	a	b	1	1	--	--	--
j=3	c	d	e	a	b	c	1	1	1	--	--
j=4	d	e	a	b	c	d	1	1	1	1	--
j=5	e	a	b	c	d	e	1	1	1	1	1
j=6	b	a	c	d	e	a	0	0	0	0	0
j=7	a	c	d	a	e	b	1	0	0	0	0
j=8	c	d	a	e	b	c	1	1	0	0	0
j=9	d	a	e	b	c	d	1	1	1	0	0
j=10	a	e	b	c	d	e	1	1	1	0	0

ES <sub>1</sub>	ES <sub>2</sub>	ES <sub>3</sub>	ES <sub>4</sub>	ES <sub>5</sub>
90,0%	77,8%	62,5%	28,6%	16,7%

En el ejemplo mostrado, antes de que se produzca ningún lanzamiento, lo que en la tabla se denota como el lanzamiento  $j = 0$ , existe una secuencia de producción prevista para los próximos 5 lanzamientos, que para el ejemplo corresponde a los ítems:  $a-b-c-d-e$ .

El primer lanzamiento que se produce ( $j = 1$ ) es un lote del ítem  $a$ . En este lanzamiento sólo es posible evaluar la estabilidad de la secuencia a 1 ítem  $ES_{1j}$ , es decir, sólo es posible validar el plan a 1 ítem, puesto que sólo hay un indicador  $ES_{Pj}$  que cumpla con la definición expresada en (5.5). En este caso, como el ítem del lote emitido en  $j=1$ , ítem  $a$ , coincide con el previsto en  $j=0$  para ser emitido en primer lugar, el indicador toma el valor  $ES_{11} = 1$ .

El segundo lanzamiento que se produce ( $j = 2$ ) es un lote del ítem  $b$ . En este lanzamiento es posible evaluar la estabilidad de la secuencia a 1 y a 2 ítems  $ES_{1j}, ES_{2j}$ , es decir, sólo es posible validar los planes a 1 ítem y a 2 ítems, puesto que en este caso hay dos indicadores  $\overline{ES}_{Pj}$  que cumplen con la definición expresada en (5.5). Así, respecto a la estabilidad de la

secuencia de 1 ítem, como el ítem lanzado en el lote emitido en  $j=2$ , ítem  $b$ , coincide con el previsto en  $j=1$  para ser emitido en primer lugar, el indicador toma el valor  $ES_{12} = 1$ . Respecto a la estabilidad de secuencia a 2 ítems de profundidad, este ítem emitido en el lote, ítem  $b$  coincide con el lote previsto para ser emitido en segundo lugar, dos lanzamientos antes ( $j=0$ ), y por tanto el indicador toma el valor  $ES_{22} = 1$ .

De igual manera, el tercer lanzamiento que se produce ( $j = 3$ ) es un lote del ítem  $c$ . En este lanzamiento es posible evaluar la estabilidad de la secuencia a 1, 2 y 3 ítems  $ES_{1j}, ES_{2j}, ES_{3j}$ , es decir, es posible validar los planes a 1 ítem, a 2 ítems y a 3 ítems, puesto que hay tres indicadores  $\overline{ES_{pj}}$  que cumplen con la definición expresada en (5.5). En este caso, respecto a la estabilidad de la secuencia de 1 ítem, como el lote emitido en  $j=3$ , el ítem  $c$ , coincide con el previsto en  $j=2$  para ser emitido en primer lugar, el indicador toma el valor  $ES_{13} = 1$ . Respecto a la estabilidad de secuencia a 2 ítems de profundidad, este lote emitido del ítem  $c$  coincide con el lote previsto para ser emitido en segundo lugar, dos lanzamientos antes ( $j=1$ ), y por tanto el indicador toma el valor  $ES_{23} = 1$ . Por último, respecto a la estabilidad de secuencia a 3 ítems de profundidad, este lote emitido del ítem  $c$  coincide con el lote previsto para ser emitido en tercer lugar, dos lanzamientos antes ( $j=0$ ), y por tanto el indicador toma el valor  $ES_{33} = 1$ .

En el ejemplo descrito, la primera alteración sobre la secuencia prevista se produce en  $j=6$ . En este caso la alteración se produce a nivel de primer producto de la secuencia. El producto del lote emitido en  $j=6$ ,  $b$ , no coincide con el previsto para ser emitido en primer lugar en  $j=5$ ,  $a$ . Por esta razón, el indicador  $ES_{16} = 0$ . Pero esta misma alteración, también provoca que las secuencias a 2, 3, 4, y 5 ítems, previstas en los lanzamientos  $j=4, 3, 2, 1$ , no se hayan cumplido. Obviamente este lote emitido en  $j=6$ , no coincide con el lote previsto para ser emitido en segundo lugar dos lanzamientos antes, en  $j=4$ , por lo que también  $ES_{26} = 0$ . Y una análoga justificación es válida para  $ES_{36} = 0$ ,  $ES_{46} = 0$  y  $ES_{56} = 0$ , respecto a los lotes previstos en tercer, cuarto y quinto lugar, en los lanzamientos en  $j=3, 2, 1$ .

El uso de una medida de rendimiento relativa a la estabilidad de la secuencia prevista en el problema de secuenciación del lote económico es un planteamiento original de esta tesis. En opinión del autor, se trata de una medida muy relevante en relación con una característica clave de cualquier regla de decisión para este problema, especialmente en su aplicación en entornos industriales: la capacidad de de la estrategia para mantener estable el programa de producción durante periodos de tiempo definidos.

### 5.5.5 Coste Total

El coste total es el resultante de la suma de los costes de almacenamiento, los costes de *setup* y los costes de no entrega. Tras completar el periodo de simulación se calculan los valores promedio anual de cada uno de los costes y se determina el coste total anual como suma de ellos.

Es interesante destacar la importancia de la consideración de los costes de no entrega en el resultado de los experimentos. Como se ha descrito a lo largo de esta tesis, el problema de secuenciación del lote económico se aborda resolviendo dos problemas interdependientes: el problema de lotificación y el problema de secuenciación. Es precisamente la unión de las decisiones de lotificación y de secuenciación lo que constituye el problema en sí. El resultado de las diferentes estrategias para la unión de ambas decisiones se manifiesta mediante la aparición de interferencias o conflictos entre los artículos por el uso de la máquina, que en condiciones de incertidumbre son imposibles de evitar. El resultado de esos conflictos por el uso de máquina es doble. Por un lado, estas interferencias generan desviaciones en los ciclos de producción resultantes de los ítems, que provocan costes de almacenamiento y *setup* diferentes a los previstos. Por otro lado, estas interferencias pueden derivar en retrasos en el lanzamiento de los lotes lo que finalmente puede provocar situaciones de rotura de stock, que afectan a la función de coste total en forma de costes de no entrega. Así, en un estudio de simulación, la importancia relativa que se otorga a los costes de no entrega determina el impacto de la existencia de interferencias en el coste total y por tanto del rendimiento de unas heurísticas frente a otras, como se muestra más tarde en el análisis de los resultados.

## 5.6 Conclusiones

En el presente capítulo se han descrito en detalle las características que definen los experimentos de simulación realizados en este trabajo.

En primer lugar, también se han presentado las características fundamentales del modelo de simulación desarrollado para los experimentos empleando la herramienta SIMIO.

Se han descrito tanto las características correspondientes a los datos concretos de los problemas estudiados, como las que definen el entorno productivo de la simulación y los parámetros de los propios experimentos.

Respecto a los datos concretos se han presentado los diferentes conjuntos de datos empleados en el estudio. Partiendo del Data set original de 10 artículos de Bomberger (Bomberger 1966), se han generado 11 nuevos conjuntos en los que se han introducido variaciones para introducir los factores de número de artículos, homogeneidad en los ratios de demanda, dimensionalidad y homogeneidad de los artículos.

Respecto a la situación del entorno productivo, se han descrito las características que lo definen. Así se han considerado escenarios diferentes para cada una de las 10 reglas de decisión, ante 4 niveles de utilización de la planta, en relación con la demanda individual de los artículos, y con 3 diferentes grados de incertidumbre en la demanda, en relación con la varianza de los valores respecto a su valor medio.

Respecto a los parámetros del experimento, se han descrito las características en cuanto al periodo de calentamiento, *warmup*, y periodo de simulación del experimento. Asimismo, se

ha descrito la definición de diferentes escenarios en función de los valores particulares de los inventarios iniciales de los artículos.

Por último, se han presentado las medidas de rendimiento a través de las cuales se analiza el comportamiento relativo de las diferentes heurísticas tras el experimento de simulación.

# Capítulo 6

## Resultados del estudio de simulación

### 6.1 Introducción

En este capítulo se presentan los datos resultantes de los experimentos, su análisis y las conclusiones del estudio de simulación realizado. Se muestran los resultados de cada uno de los experimentos descritos en el capítulo anterior. Estos experimentos han sido diseñados con el objetivo de determinar la influencia de las variaciones de las condiciones del entorno de trabajo sobre el rendimiento de las diferentes heurísticas empleadas. En este capítulo se presentan los resultados de cada uno de los experimentos del estudio de simulación, cuyas características han sido descritas en detalle en el capítulo 5. Para la mayoría de las medidas de rendimiento, se ha optado por una representación gráfica de los resultados que permite una mayor claridad y comprensión. Los resultados detallados de cada experimento se muestran tabulados en el apéndice.

### 6.2 *Driver Ratio de utilización $\rho$*

Tal como se describía en el capítulo 5, el experimento E1 consiste en el análisis del comportamiento de las 13 heurísticas definidas, para el data set de Bomberger original bajo diferentes condiciones de utilización y grados de incertidumbre en la demanda, mostrados en la Tabla 6.1. Estos valores de los parámetros del experimento definen un total de 156 escenarios.

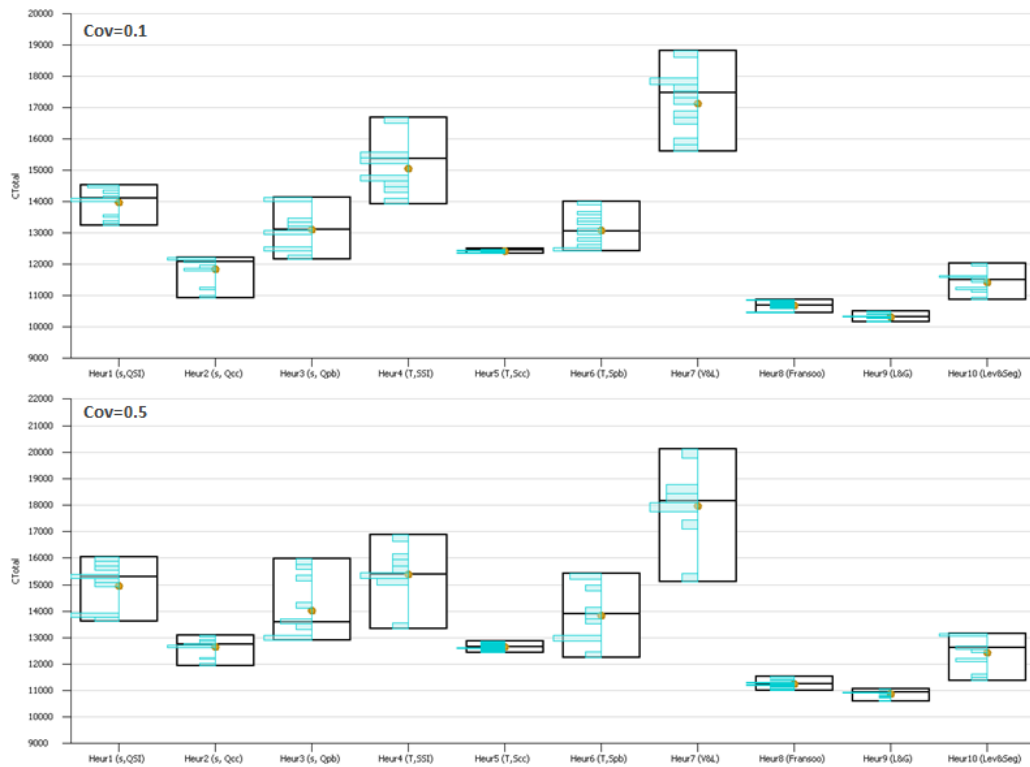
**Tabla 6.1** Escenarios experimento E1

		<b>Experimento</b>
<b>Escenarios Entorno producción</b>		<b>E1</b>
<b>Heurística</b>		
Valores (HEUR1, HEUR2, HEUR3, HEUR1p, HEUR2p, HEUR3p, HEUR4, HEUR5, HEUR6, HEUR7, HEUR8, HEUR9, HEUR10)		<b>13</b>
<b>Ratio de Utilización</b>		
Valores pi (0.22, 0.44, 0.66, 0.88)		<b>4</b>
<b>Coefficiente de variación demanda</b>		
Valores CoV (0.1, 0.3, 0.5)		<b>3</b>
<b>Escenarios Data Sets</b>		
Bomberger Original		<b>1</b>
		Bomberger
<b>Escenarios Inventarios iniciales</b>		
		1
		100%
<b>Número total de escenarios del experimento</b>		<b>156</b>

### 6.2.1 Análisis estadístico de los resultados

La Figura 6.1 muestra mediante el SMORE Plot (*Simio Measure of Risk & Error*), la distribución de los resultados en el conjunto de repeticiones del experimento para cada heurística. En cada heurística se muestra el valor medio de los resultados con un punto anaranjado. Aparece representado en azul un histograma con la distribución estadística de los resultados de las repeticiones. Además, se muestra un rectángulo en el que la línea horizontal superior marca el límite por debajo del cual se dan el 99% de los resultados y la línea horizontal inferior define el límite por encima del cual se dan el 99% de los resultados. La línea que divide el rectángulo representa la mediana de los valores.





**Figura 6.1.** Variabilidad de los del coste total. Utilización  $\rho = 0.88$ ; CoV=0.1; 0.5

En la figura se aprecia cómo existe una mayor dispersión de los resultados para las instancias con mayor variabilidad de la demanda. Además, se aprecia que la variabilidad de los resultados para algunas de las heurísticas es menor, como es el caso de la heurística Heur5 (T, SPB) y la heurística Heur8 (Fransoo). Por claridad en la exposición, la figura representa únicamente la dispersión de rendimiento de las heurísticas considerando exclusivamente el coste total, para el caso con utilización 0.88. El razonamiento es análogo para el resultado con utilizaciones de 0.22, 0.44 y 0.66.

### 6.2.2 Comportamiento de los costes totales

La Figura 6.2 refleja el valor del coste total de cada una de las reglas heurísticas, en relación con el nivel de utilización del sistema. Además, en la figura se representan los valores para la solución al modelo para los tiempos de ciclo óptimo de cada artículo, que es una cota inferior y se denota como *LowerBound*. Los tres escenarios de la figura representan los tres grados de incertidumbre analizados en el experimento, en función de los diferentes coeficientes de variación (CoV) de los ratios de demanda.

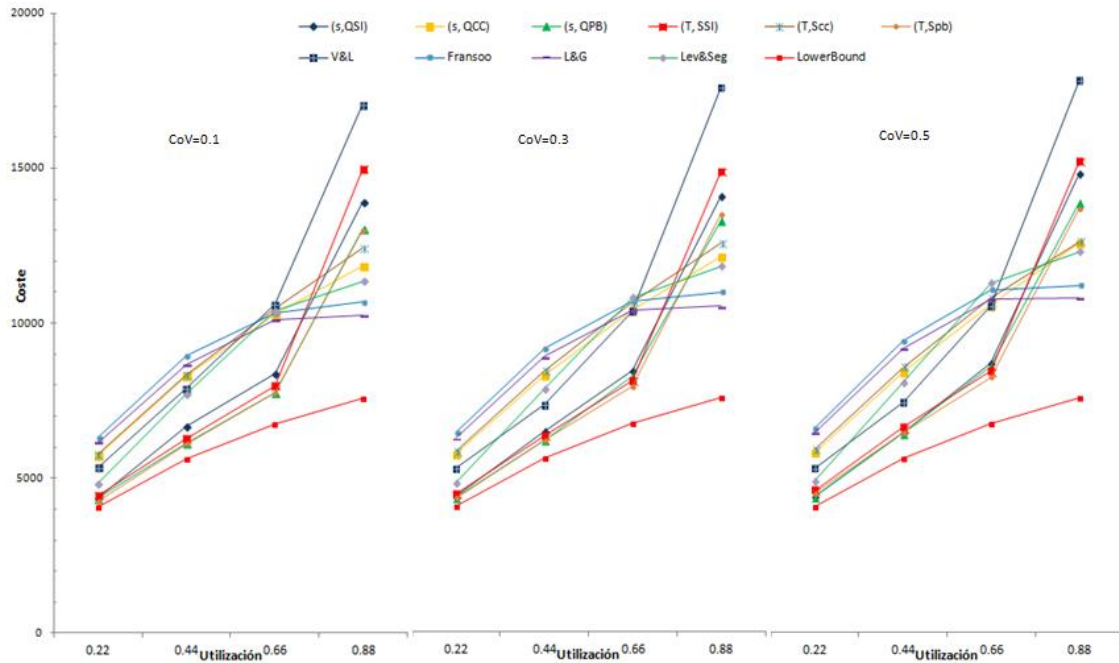


Figura 6.2. Comportamiento del coste total frente al nivel de utilización.

a) CoV. 0.1 b) CoV 0.3 c) CoV 0.5

En la figura se aprecia en primer lugar el hecho de que el rendimiento (relativo) de las diferentes heurísticas respecto al coste total, cambia significativamente en función del nivel de utilización. Así, heurísticas que para un nivel de utilización tienen el mejor rendimiento relativo, pasan a estar entre las peores a un nivel diferente. Este resultado indica que este rendimiento relativo de la estrategia de producción empleada, y por tanto su idoneidad frente a otras estrategias, puede sufrir drásticos cambios en una misma instalación cuando se producen variaciones importantes en la carga de trabajo. Estas variaciones en el nivel de utilización de la instalación no son en absoluto inusuales en entornos industriales debido a, entre otras circunstancias, factores como la estacionalidad de la demanda, variaciones de demanda en relación con los ciclos económicos, movimientos de tendencia creciente o decreciente en la demanda sostenidos en el tiempo en relación con el ciclo de vida del producto, trabajo a turnos, etc. Así, una instalación puede sentirse “cómoda” y tener buenos rendimientos de costes con una estrategia de producción en un determinado momento. Sin embargo, la misma instalación puede encontrarse desbordada en una situación de carga diferente, por no adaptarse a las nuevas condiciones cambiando su estrategia de producción a otra más acorde a la nueva situación de complejidad

También se aprecia en la figura que el efecto de la incertidumbre en la demanda es muy poco significativo respecto a los costes resultantes de cada heurística, y no afecta al resultado descrito en el párrafo anterior. En cierta medida este hecho, ya descrito por otros autores (Soman et al. 2006), se debe al efecto de compensación de la variación de los valores de la demanda diaria para cada artículo sobre su inventario acumulado. Este efecto se describe con más detalle más adelante en esta sección.

A continuación se analiza en detalle el rendimiento respecto los costes totales de las heurísticas a los diferentes niveles de utilización.

*Rendimiento a niveles de Baja Utilización ( $\rho \leq 0.44$ )*

A bajos niveles de utilización se observa cómo las heurísticas basadas en tiempos de ciclo calculados según SI (Heur1, Heur4, Heur10) y algunas de las basadas en PB (Heur3, Heur6) tienen los mejores resultados respecto al coste. A niveles de utilización de 0.22, la planta está suficientemente ociosa como para que la probabilidad de que los ciclos óptimos de los artículos coincidan temporalmente en su fase de producción y compitan por la máquina es muy baja. Por esta razón se producen pocas interferencias que generen roturas de stock y costes de no entrega, y los programas de producción se mantiene con costes muy cercanos a los óptimos de cada artículo, representado en la figura como la cota inferior (*Lower bound*). De las tres heurísticas que emplean  $T^{SI}$  la heurística Heur10 (Leven Segersted) presenta unos costes algo superiores a las otras dos. Básicamente la heurística Leven Segersted prioriza dos acciones. En primer lugar cierra el programa de producción cada 5 lotes, lo cual mantiene altos niveles de estabilidad en la secuencia, como se verá a continuación, aún a costa de la aparición de costes de no entrega, por el efecto del comportamiento estocástico de la demanda durante el tiempo que ocupan esos lanzamientos fijados. En segundo lugar, ajusta los tiempos de ciclo en función las holguras de los siguientes lanzamientos, para desarrollar programas factibles. De este modo, los artículos se alejan ligeramente de sus ciclos óptimos. A este nivel de utilización de 0.22, el peor comportamiento de la heurística Heur10 (Leven Segersted) frente a las Heur1 (s,  $Q^{SI}$ ) y Heur4 (T,  $S^{SI}$ ), a pesar de compartir criterios de tiempos de ciclo, se debe básicamente a la aparición de roturas de stock en la primera, como se verá más adelante el estudiar el desglose de costes.

Las heurísticas con tiempos de ciclo calculados por PB que presentan también muy buen comportamiento en costes a este nivel son las heurísticas 3 y 6. En cierta medida, estas heurísticas están sacrificando los costes de almacenamiento y lanzamiento, para trabajar con unos tiempo de ciclo más fácilmente secuenciables para el conjunto de artículos y de este modo evitar interferencias, como se describió en el capítulo 4. A estos niveles de utilización el ajuste en el ciclo tiene una repercusión mínima en costes, y reduce en algo los costes de no entrega de las heurísticas Heur1 (s,  $Q^{SI}$ ) y Heur4 (T,  $S^{SI}$ ), ya de por sí bajos a este nivel. De ahí que a este nivel de utilización, el rendimiento respecto a costes de las heurísticas Heur3 (s,  $Q^{PB}$ ) y Heur6 (T,  $S^{PB}$ ) sea muy similar al de las heurísticas Heur1 (s,  $Q^{SI}$ ) y Heur4 (T,  $S^{SI}$ ). La heurísticas Heur8 (Fransoo) y Heur9 (Leachman & Gascon), que como Heur3 (s,  $Q^{PB}$ ) y Heur6 (T,  $S^{PB}$ ) también emplean PB para los tiempos de ciclo, tienen criterios de lanzamiento diferentes. En el caso de Heur8 (Fransoo), se lanza un lote del ítem con mínimo ratio de cobertura, siempre que cumpla la condición del mínimo *run length*. La heurística Heur9 (Leachman & Gascon), tiene el mismo criterio de lanzamiento, con la particularidad de ajustar el tamaño de lote según la holgura de los próximos lotes. Por tanto, ambas heurísticas tienden a mantener mayor uso de la máquina, lo que se refleja en mayores costes de inventario y de *setup*, que las anteriores. Por este motivo, a

nivel de utilización bajo, estas heurísticas tiene un peor comportamiento en relación con el coste total. Como se verá al analizar el desglose de costes, estas heurísticas tienen muy buen comportamiento con respecto a los costes de no entrega, pero asumiendo mayor número de lanzamientos y cantidad de producto almacenada, lo que a este nivel de utilización es evidentemente innecesario.

Por otro lado, las heurísticas basadas en tiempos de ciclo calculados por la aproximación de ciclo común, tiene a estos niveles de utilización, los peores rendimientos respecto al coste total. En este caso los artículos trabajan todos con el mismo tiempo de ciclo, lo que elimina el problema de secuenciación, pero para ello, los artículos trabajan de nuevo con un tiempo de ciclo alejado de su óptimo, que genera evidentemente mayores costes.

Por último la heurística Heur7 (Vergin & Lee) es la única de todas las heurísticas que emplea un criterio de lotificación global, por el cual la situación del inventario del conjunto de los artículos determina la interrupción del lote en curso. A estos niveles de utilización se aprecia cómo el rendimiento de la heurística se encuentra entre los bajos rendimientos de las heurísticas basada en SI o PB, y los peores rendimientos de las basadas en CC.

#### *Rendimiento a niveles de Alta Utilización ( $\rho \geq 0.66$ )*

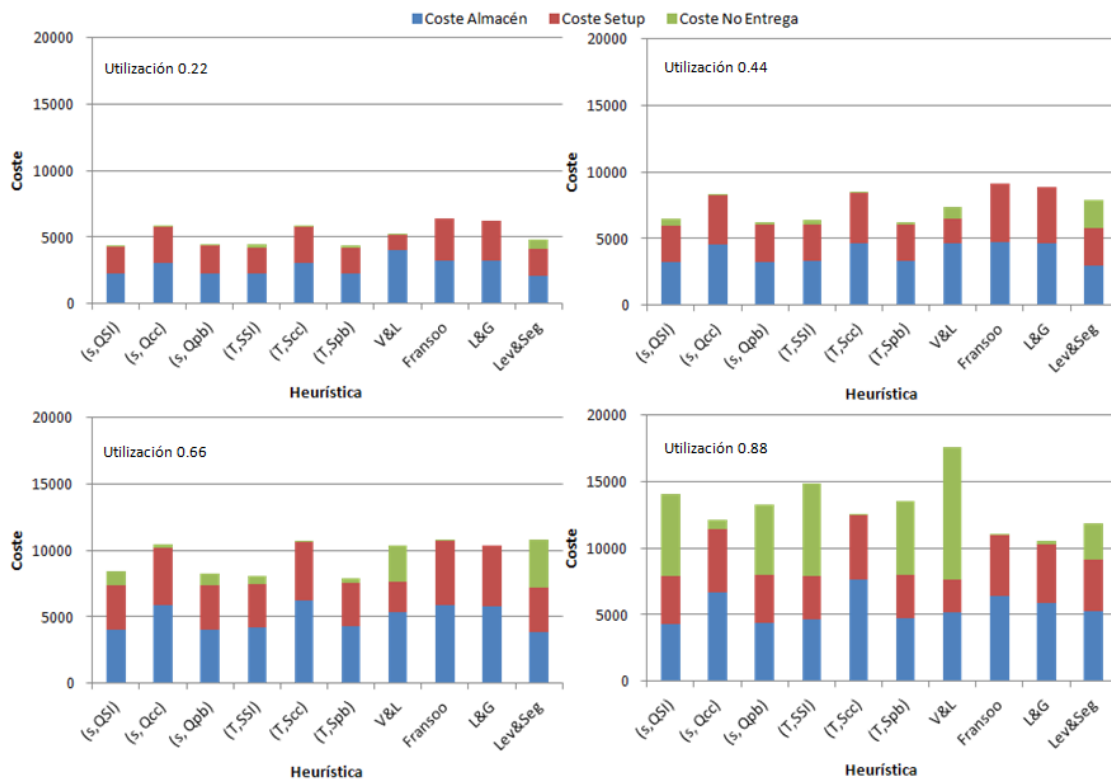
Al incrementar el nivel de utilización del sistema, se aprecia claramente en la Figura 6.2 cómo las heurísticas basada en SI comienzan a tener rendimientos considerablemente peores. A estos niveles, la capacidad libre de la planta es mucho menor, lo que deriva en que aumente la probabilidad de que se produzcan interferencia entre los artículos por el uso de la máquina, lo que necesariamente retrasa el lanzamiento de alguno de ellos, y puede finalmente acabar provocando roturas de stock. Se observa en la figura como las heurísticas Heur1 (s,  $Q^{SI}$ ) y Heur4 (T,  $S^{SI}$ ) empeoran drásticamente su rendimiento a una utilización de 0.88, porque a este nivel es prácticamente imposible implementar programas de producción con estos tiempos de ciclo óptimos sin incurrir en importantes roturas de stock, que penalizan gravemente el coste total resultante. En esta situación las heurísticas se encuentran saturadas. La heurística Heur10 (Leven Segersted), que también emplea  $T^{SI}$ , aunque ajustando los tiempos de ciclo para obtener secuencias factibles, no empeora tanto su rendimiento a altos niveles porque es capaz de ajustar los tiempos de ciclo, y para  $\rho_i = 0.88$  mejorar incluso el nivel de roturas de stocks respecto a ellas, a pesar de fijar la secuencia cada 5 periodos.

Las heurísticas Heur3 (s,  $Q^{PB}$ ) y Heur6 (T,  $S^{PB}$ ), con tiempos de ciclo calculados mediante PB también empeoran considerablemente su rendimiento a esta utilización, aunque sensiblemente menos que las anteriores. Lo que ocurre a estos niveles de utilización es que las heurísticas con criterios de lotificación fácilmente secuenciables (PB y particularmente CC) evitan la aparición de roturas de stock, compensando en su rendimiento los mayores costes de almacenamiento y lanzamiento derivados de su criterio de lotificación. Es interesante comprobar cómo la heurística de Fransoo, con un rendimiento pobre a baja utilización obtiene en este experimento el mejor coste al máximo nivel de utilización, y

como se verá más adelante, prácticamente sin la existencia de roturas de stock. Las heurísticas Heur2 (s,  $Q^{CC}$ ) y Heur5 (T,  $S^{CC}$ ), con tiempos de ciclo  $T^{CC}$ , obtienen un rendimiento relativo mucho mejor a niveles altos de utilización por esta misma razón. Su criterio de lotificación elimina el problema de secuenciación lo que minimiza los costes de no entrega. Por último, la heurística Heur7 (Vergin & Lee) tiene un muy alto nivel de roturas de stock a la máxima utilización lo que hace que su rendimiento relativo empeore considerablemente.

#### Composición de los costes totales

La Figura 6.3 representa la composición de los costes totales generados en cada heurística, en cuanto a costes de *setup*, costes de almacenamiento y costes de no entrega. En la figura se representa la estructura para los 4 niveles de utilización. Por claridad en la ilustración de los resultados, y puesto que como se ha visto en la justificación anterior el efecto es mínimo, se presentan únicamente resultados para un grado de incertidumbre en la demanda correspondiente e un coeficiente de variación (CoV) de 0.3.



**Figura 6.3.** Desglose del coste total. Incertidumbre en la demanda CoV. 0.3

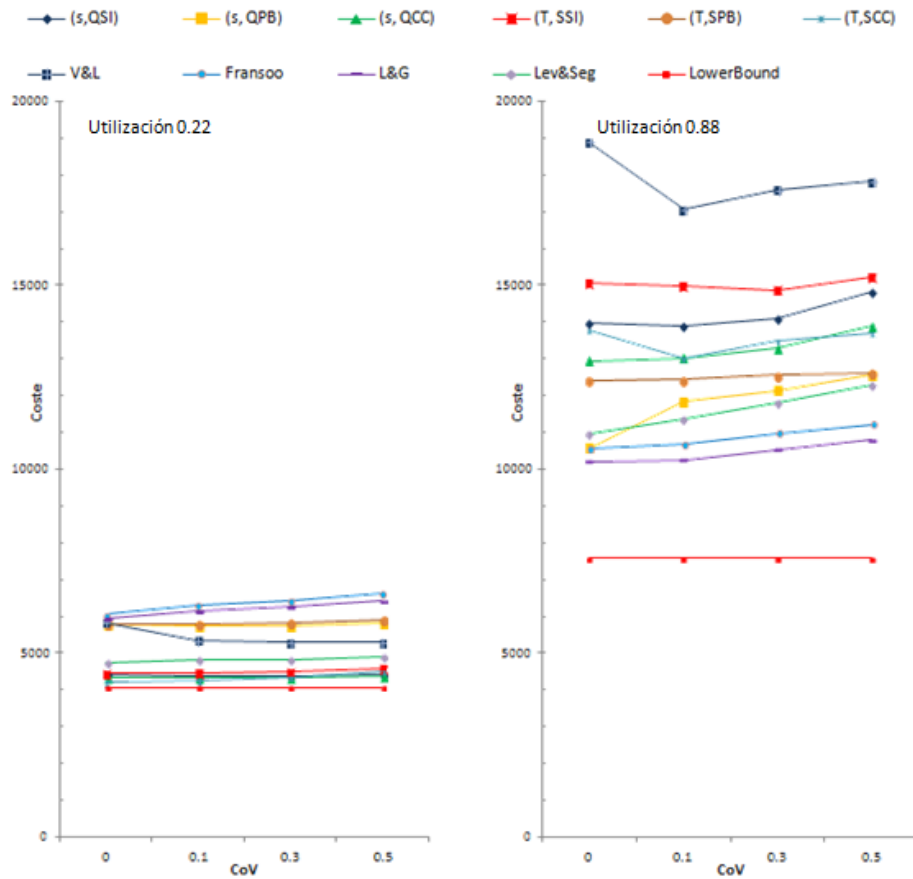
Utilización 0.22, 0.44, 0.66 y 0.88.

En la Figura 6.3 se observa claramente cómo a baja utilización la importancia relativa de los costes de no entrega sobre los costes totales es menor para la mayoría de las heurísticas. En cambio, a niveles de alta utilización, se observa cómo en algunas de las heurísticas los costes de no entrega llegan a tener el mismo orden de magnitud o incluso a superar los costes de almacenamiento o de *setup*. Esta situación es probablemente inasumible en un entorno industrial. La causa de este resultado y su interpretación se ha

introducido en la descripción del coste total como medida de rendimiento (sección 5.5.5). La aparición de costes de no entrega pone de manifiesto la existencia de un mayor número de conflictos por el uso de la máquina que acaban provocando situaciones de rotura de stock. La manera en la que los costes de no entrega penalizan estos conflictos de máquina, pondera en cierta medida el rendimiento de la heurísticas. En cualquier caso, como se observa en la figura, existen diferencias sustanciales entre la cantidad de roturas que se producen entre las diferentes heurísticas.

Así, la Figura 6.3 permite identificar con mayor claridad las causas presentadas el razonamiento expuesto anteriormente respecto a la diferencia de idoneidad de unas heurísticas frente a otras en función del nivel de utilización. A bajos niveles de utilización se producen pocas roturas de stock, y tiempos de ciclo no óptimos tienen peor rendimiento en cuanto a coste total. A mayores niveles de utilización, los costes de no entrega tiene un mayor peso relativo en el coste totales, de manera que las reglas de decisión con tiempos de ciclo lejos del óptimo pero fácilmente secuenciables (Heur3, Heur6, Heur8, Heur9) se convierten en una buena alternativa.

La Figura 6.4 muestra los valores del coste total, para los diferentes grados de incertidumbre en la demanda, caracterizados por un diferente coeficiente de variación de la demanda (CoV). Como se mencionó al inicio de esta sección, este resultado coincide con el encontrado por otros autores, que indican que el efecto de la variabilidad en la demanda no es significativo en el rendimiento respecto al coste total de las heurísticas (Soman et al. 2006). Como indican los autores, la demanda es alta en algunos periodos y baja en otros, de manera que el inventario en cada instante, que es uno de los factores de decisión de las heurísticas, es función de la varianza de la suma del conjunto de las demandas diarias anteriores. Un coeficiente de variación de la demanda de 0.5 es efectivamente una elevada incertidumbre para el valor concreto de la demanda diaria. Pero su efecto en el inventario acumulado resulta mínimo. Sin embargo es posible observar en la figura un efecto interesante relacionado con la influencia de la incertidumbre en la demanda en relación con el nivel de utilización. A bajos niveles de utilización ( $\rho = 0.22$ ) el efecto de la incertidumbre en la demanda es prácticamente imperceptible, mientras que a altos niveles de utilización el efecto de la incertidumbre es más apreciable aunque no resulta crítico para ninguna de las heurísticas. Al nivel de utilización de 0.88 los programas de producción generados por las diferentes heurísticas están prácticamente al límite de su factibilidad, por lo que cualquier variación en el nivel de incertidumbre en la demanda afecta al programa y tiene un resultado apreciable sobre los costes.



**Figura 6.4.** Influencia del coeficiente de variación de la demanda sobre el coste total Utilización 0.22 y 0.88.

### 6.2.3 Estabilidad de la secuencia

La Figura 6.5, Figura 6.6, Figura 6.7 y Figura 6.8 muestran para cada una de las reglas heurísticas los porcentajes de estabilidad de la secuencia a 1, 2, 3, 4 y 5 ítems, tal como se ha definido en 5.5.4., a los cuatro niveles de utilización empleados en el estudio. Todas las figuras representadas en esta sección muestran el caso analizado de incertidumbre en la demanda correspondiente a un  $CoV=0.3$ . Las conclusiones extraídas del análisis coinciden para los otros casos estudiados de  $CoV=0.1$  y  $CoV=0.5$  y por tanto el análisis presentado no se ve afectado por esta simplificación.

En el conjunto de las figuras se observan varios efectos. En primer lugar, a todos los niveles de profundidad del indicador se observa importante variabilidad del rendimiento relativo de las heurísticas. Para la estabilidad de la secuencia a 1 nivel de profundidad  $\overline{ES}_1$ , el indicador presenta valores promedio similares para las 6 primeras heurísticas, con diferencias entre sus valores promedio de entorno a un 10%. Aun así, estas diferencias a tan sólo un nivel de profundidad puede resultar críticas en la programación de una planta en relación con las preparaciones de máquina, como se ha descrito en el planteamiento del indicador. Respecto a las heurísticas Heur 7 (Vergin&Lee) y Heur 8 (Fransoo) ambas

tienen un rendimiento muy bajo a partir del indicador de cumplimiento de la secuencia a dos niveles de profundidad. En cambio las heurísticas Heur 9 (Leachman & Gascon) y Heur 10 (Levén&Segersted) tiene los mejores rendimientos por su capacidad de ajustar los tiempos de ciclo en función de la holgura de los lotes.

En particular, la heurística Heur10 (Levén&Segersted), tiene una estabilidad para  $\overline{ES}_1$  del 98%. Como se ha descrito en el capítulo 5, la heurística revisa las holguras de un número fijo de lotes M, para definir un programa factible. En el estudio realizado se ha trabajado con un valor de M=10 lotes. La heurística, partiendo de tiempos de ciclos basados en SI, realiza el mínimo ajuste en el tamaño de cada lote para hacer el programa de los M lotes factible. Cada cierto número de lotes se produce un recálculo de las holguras de los siguientes 10 lotes y se ajustan los tamaños de lote para hacer ese nuevo programa factible. En el experimento se ha tomado RC=5 lanzamientos, tras los que se calculan de nuevo las holguras y los tamaños de lotes. Puesto que cada 5 lotes se fija una nueva secuencia a 10 lotes, que se mantiene al menos durante 5 lanzamientos, la estabilidad de la secuencia con esta heurística es, por sus propias características, muy superior a la del resto.

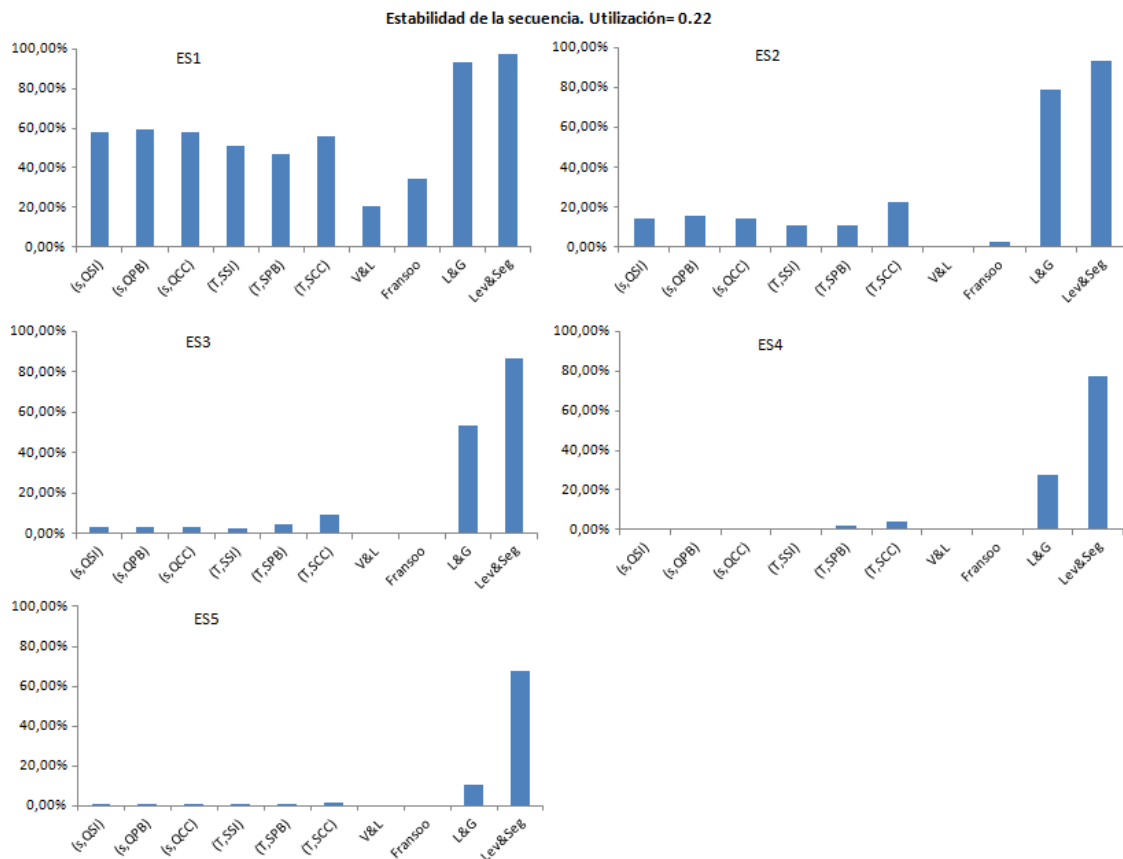


Figura 6.5. Estabilidad de la secuencia hasta ES=1, 2, 3, 4, 5 ítems.

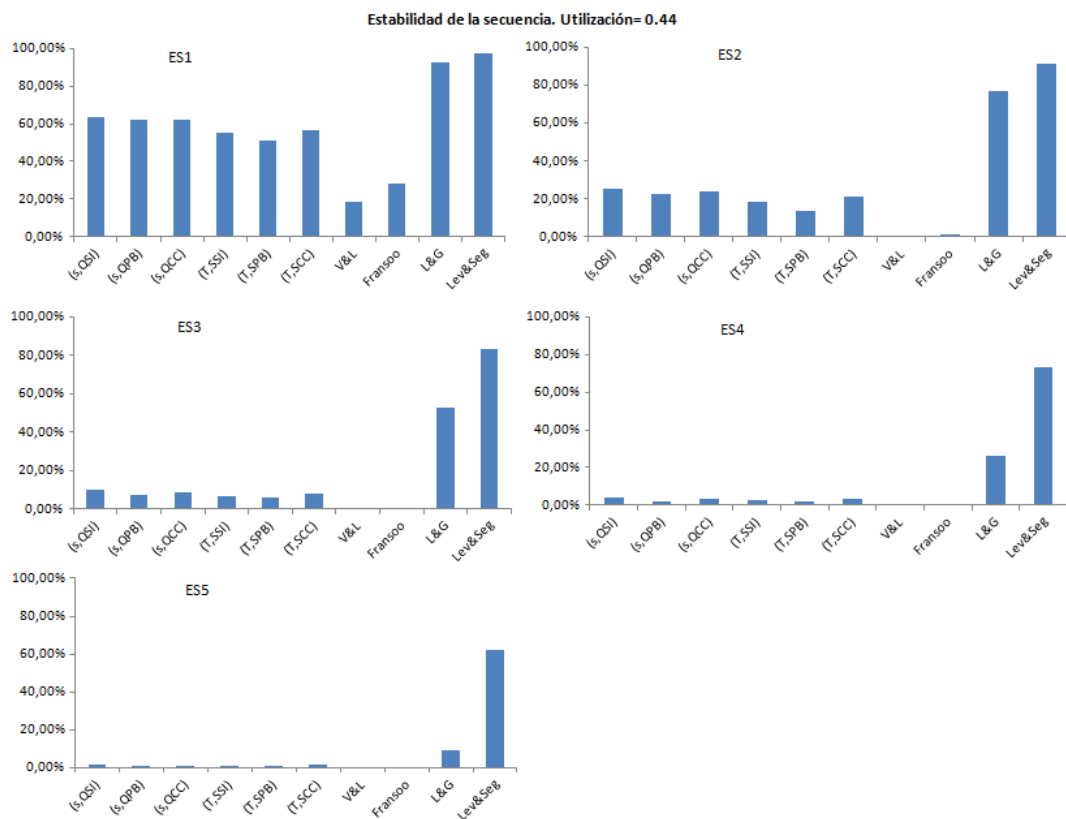
Utilización  $\rho = 0.22$

El siguiente efecto que se puede observar en la figura es la diferencia del rendimiento del indicador de estabilidad cuando analiza secuencias de diferente número de lotes. Así, el rendimiento del indicador  $\overline{ES}_2$ , que representa el porcentaje de veces que se han mantenido los programas analizando únicamente programaciones de dos lotes, tiene un rendimiento



muy inferior para la mayoría de las heurísticas. Así, a una utilización de 0.22 las 6 primeras heurísticas pasan de tener valores  $\overline{ES}_1$  todas ellas por encima del 40% a tener todas ellas rendimientos para  $\overline{ES}_2$  inferiores al 20%. A partir de estos valores, analizando las secuencias a 3, 4 y 5 ítems, se mantiene la misma circunstancia con descensos muy importantes en el rendimiento de  $\overline{ES}_3$ ,  $\overline{ES}_4$  y  $\overline{ES}_5$ , excepto para la heurística Heur10 (Levén&Segersted), por los motivos descritos anteriormente.

Los dos efectos descritos anteriormente: variabilidad en el rendimiento particular de las heurísticas, y marcado descenso de los indicadores en función de la profundidad de la secuencia, se mantienen a todos los niveles de utilización analizados, como se desprende de la observación de las figuras Figura 6.6, Figura 6.7, y Figura 6.8.



**Figura 6.6.** Estabilidad de la secuencia hasta ES=1, 2, 3, 4, 5 ítems.

Utilización  $\rho = 0.44$

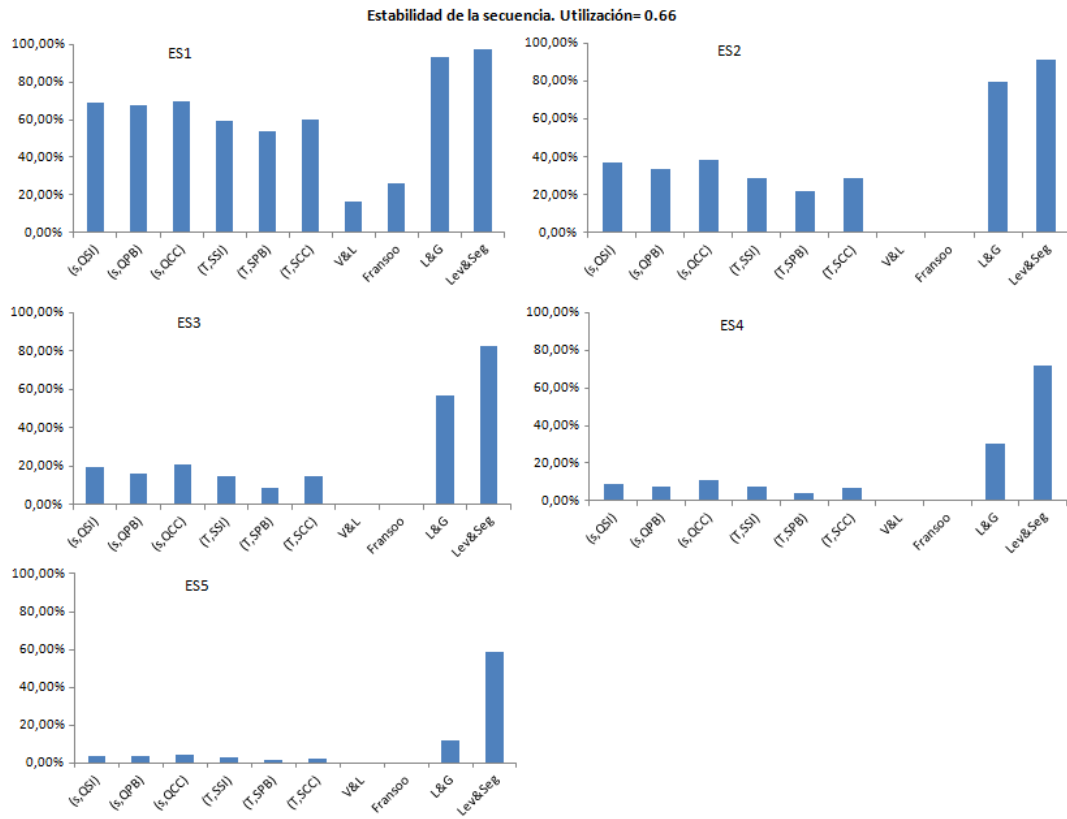


Figura 6.7. Estabilidad de la secuencia hasta ES=1, 2, 3, 4, 5 ítems.

Utilización  $\rho = 0.66$

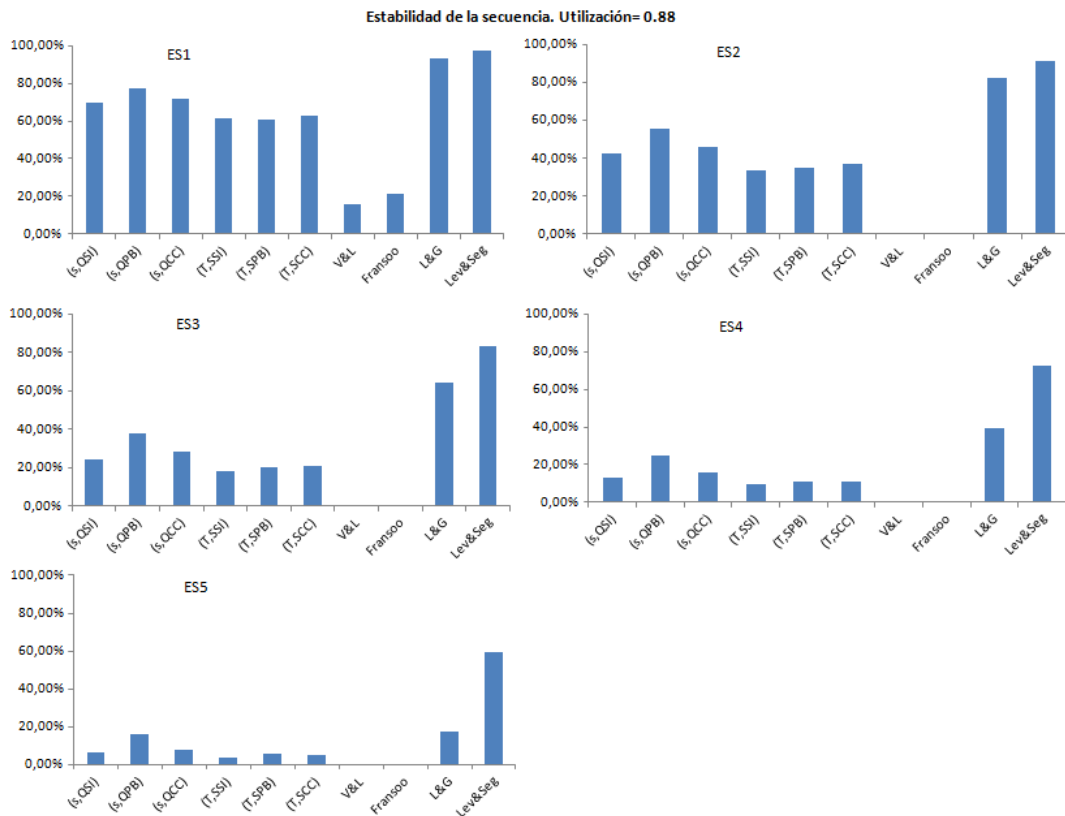


Figura 6.8. Estabilidad de la secuencia hasta ES=1, 2, 3, 4, 5 ítems.

Utilización  $\rho = 0.88$

El tercer efecto que se puede extraer de la observación de los resultados reflejados en las figuras es la diferencia en el patrón de comportamiento de cada indicador, en relación con la utilización del sistema. Curiosamente, la estabilidad de la secuencia mejora cuanto mayor es el nivel de utilización de la instalación. Así, tomando como ejemplo la heurística Heur1 (s,  $Q^{SI}$ ), puede observarse cómo, para una utilización de 0.22, el indicador  $\overline{ES}_1$  tiene un rendimiento de 57,79% que aumenta a 63,27% a una utilización de 0.44. Esta mejora se produce también a una utilización de 0.66 con un valor de 68,91% y finalmente un 69,45% para la máxima utilización analizada de 0.88. El mismo efecto se produce para las heurísticas 1 a 6 y para los 5 indicadores de profundidad de la secuencia analizados. El resto de heurísticas mantiene un rendimiento más estable de los indicadores de estabilidad de la secuencia, ante diferentes escenarios de utilización. Este efecto puede observarse desde otra perspectiva en la Figura 6.9.

En esta figura se aprecia claramente que el criterio de lotificación tiene un efecto poco significativo sobre la estabilidad de la secuencia, como se desprende del hecho de que las heurísticas 1 a 6 tengan un comportamiento similar a pesar de sus diferencias en el método del cálculo del tiempo de ciclo. En cambio, lo que resulta decisivo sobre la estabilidad de la secuencia es el criterio de lanzamiento. Por ello, las heurísticas con tiempos de ciclo PB (Heur3, Heur6, Heur8, Heur9) tienen un comportamiento respecto a la estabilidad de la secuencia completamente distinto. Lo mismo ocurre con las heurísticas de ciclo común (Heur2, Heur5) en sus rendimientos relativos. Igualmente, las heurísticas basadas en SI (Heur1, Heur4, Heur10) tienen también un comportamiento muy diferente, con rendimientos muchos mejores en la heurística Heur10, como se ha justificado anteriormente, debido fundamentalmente al criterio seguido en su estrategia de lanzamiento.

El motivo por el cual en las 6 primeras heurísticas la estabilidad aumenta a mayores niveles de utilización es precisamente el horizonte temporal de la secuencia. A altos niveles de utilización, 5 lanzamientos se producen en un horizonte muy corto de tiempo, prácticamente sin periodos ociosos en la máquina por lo que el efecto de la variabilidad en la demanda es mínimo. En cambio, a bajos niveles de utilización, el periodo de tiempo que abarcan 5 lanzamientos es considerablemente mayor, y por lo tanto las oscilaciones en la demanda de los ítems provocan cambios en la secuencia prevista.

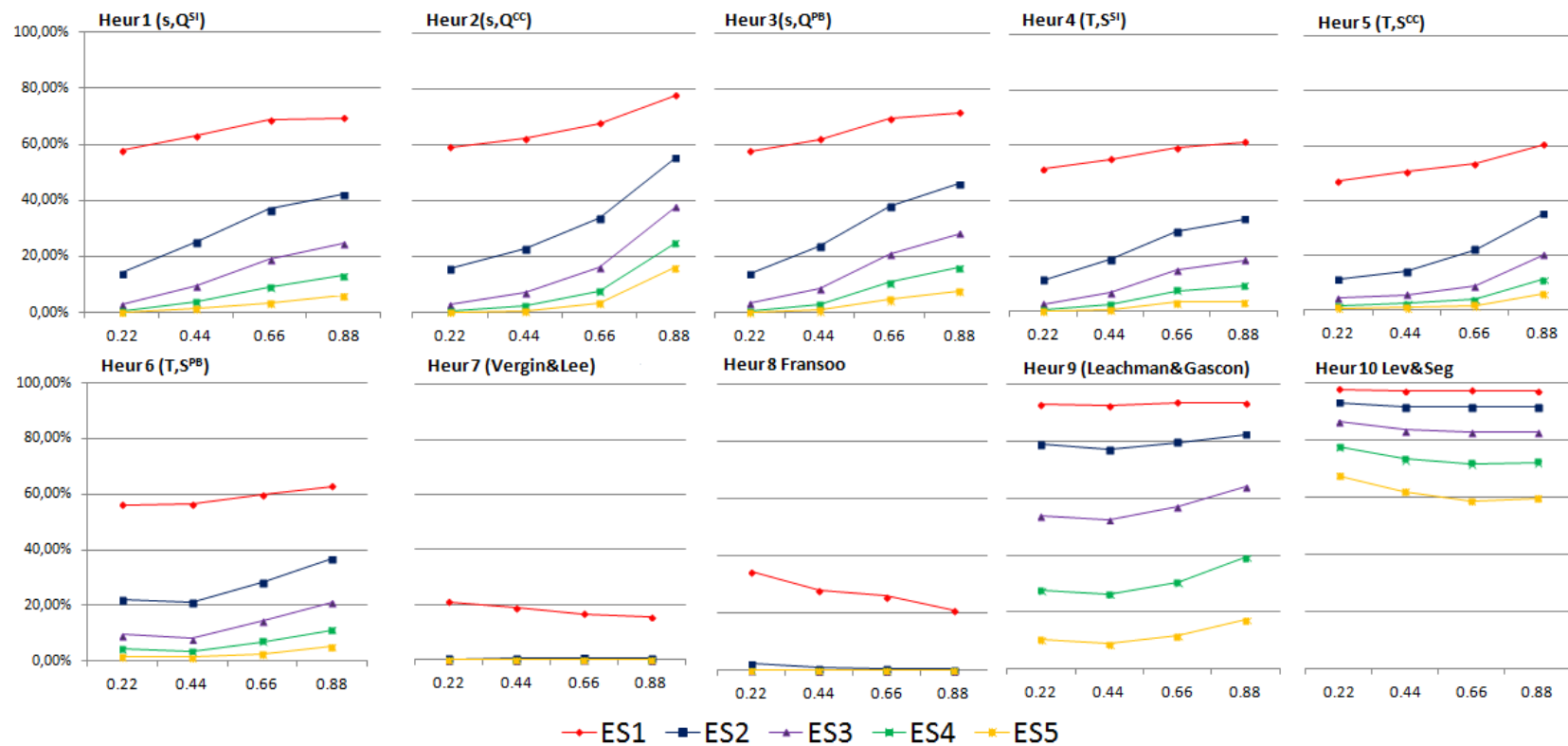


Figura 6.9. Análisis por heurística de la estabilidad de la secuencia hasta ES=1, 2, 3, 4, 5 ítems respecto a la utilización

### 6.2.4 Estabilidad de indicadores por artículo

En la descripción de las medidas de rendimiento de las heurísticas empleadas en este estudio de simulación, se han introducido tres indicadores que permiten evaluar el comportamiento de las heurísticas a nivel de cada artículo: el tiempo medio de ciclo, el número de *setups*, y el inventario medio por artículo. Estos valores se controlan para cada heurística en cada instancia concreta del experimento, y se calcula su desviación respecto a los valores teóricos previstos. La desviación de los valores arrojados para cada instancia permite comprobar en qué medida la regla de decisión es capaz de mantener la estrategia de lotificación.

En el análisis que se presenta a continuación, se trabaja de nuevo únicamente con el grado de incertidumbre en la demanda correspondiente a un coeficiente de variación en los ratios de demanda  $CoV=0.3$ . La Tabla 6.2, muestra los tiempos de ciclo medio para cada artículo obtenidos por cada heurística, y su desviación respecto al tiempo de ciclo objetivo en cada caso. Se muestran los resultados a dos diferentes niveles de utilización analizados en el experimento, 0.22 y 0.88. Se analizan todas las heurísticas empleadas excepto la heurística Heur7 (Vergin & Lee) puesto que su política de lotificación no trabaja con un tiempo de ciclo objetivo. Como se vio en el capítulo 4, en esta heurística los lotes se lanzan sin un tamaño predefinido hasta que la situación de inventario del conjunto de artículos o la condición de mínimo *run length* provoca la interrupción del lote.

En la tabla se confirma, a nivel de artículo en particular, el origen de alguna de las conclusiones extraídas en la sección 6.2.2. En primer lugar, las desviaciones respecto a los tiempos de ciclo previstos son menores con una utilización de 0.22 que a una utilización de 0.88. Como ya se introdujo, en una situación de menor complejidad dada por el menor nivel de utilización, es más factible mantener la política de lotificación prevista. Así, para las heurísticas basadas en SI, las desviaciones a una utilización 0.22 están en la mayoría de los artículos por debajo del 5% y en todos por debajo del 10%. En cambio para una utilización de 0.88 hay varios artículos que presentan desviaciones superiores al 10% en incluso superiores al 30%. Para esos artículos debido a la ocupación de máquina en el momento previsto del lanzamiento de sus lotes, el tiempo de ciclo ha sufrido incrementos de hasta el 36,7% con la consiguiente rotura de stock y costes de no entrega. De entre las heurísticas basadas en SI, la heurística Heur10 (Leven & Segersted) también presenta este efecto, aunque el incremento de las desviaciones en los tiempos de ciclo es menor con la utilización. El mismo efecto se aprecia para las heurísticas basadas en CC. Respecto a las heurísticas basadas en PB, el efecto de la utilización es el mismo para Heur3 (s,  $Q^{PB}$ ) y Heur6 (T,  $S^{PB}$ ), con mayores desviaciones a mayor utilización. Sin embargo, en las heurísticas Heur8 (Fransoo) y Heur9 (Leachman & Gascon) las desviaciones son mayores a bajo nivel de utilización. La regla de decisión de estas heurísticas provoca que la máquina esté produciendo un lote siempre que se cumpla la condición de mínimo *run length*. En este sentido están enfocadas a resolver situaciones de alta utilización, de manera que mantienen el criterio de lotificación pero, si aparecen tiempos de hueco en máquina (*idle*

*times*), se aprovechan siempre que el artículo candidato cumpla la condición de mínimo *run length*. Esto provoca que a bajos niveles de utilización se emitan lotes antes de lo previsto con el consiguiente acortamiento de los tiempos de ciclo. Esto genera un mayor número de lanzamientos y mayor inventario acumulado frente a las otras heurísticas de tiempo de ciclo PB como se mostró en la Figura 6.3. En cambio a alto nivel de utilización, esta estrategia de aprovechar los *idle times* se mostraba eficaz porque evitaba costes de no entrega. En este caso, en la tabla se observa cómo existen menos desviaciones de las previstas a alta utilización, y para algunos artículos ya son desviaciones mínimas, que a este nivel de utilización son difíciles de alcanzar por otras estrategias.

La segunda conclusión que se extrae de la tabla confirma la conclusión que se planteó en la sección 6.2.2, y está relacionada con la factibilidad de las heurísticas a diferente nivel de utilización. En la Figura 6.2 se aprecia como a altos niveles de utilización algunas heurísticas que tenían buenos rendimientos dejan de tenerlo. Este nivel de utilización en el que la regla de decisión de la heurística deja de ser eficaz, se denomina en adelante *nivel de saturación de la heurística*. A partir de su nivel de saturación el rendimiento de la heurística empeora drásticamente, y su comportamiento respecto a la utilización cambia de patrón. En cambio existen heurísticas que a bajos niveles de utilización tenían rendimientos modestos pero para las cuales el rendimiento no decae tan drásticamente a mayor utilización, de manera que superan a aquellas que se encuentran por encima de su nivel de saturación. En la tabla se observa más concretamente este efecto a nivel de artículo, comparando las desviaciones sobre el tiempo de ciclo previsto entre las diferentes estrategias de lotificación SI, CC y PB. En efecto, a altos niveles de utilización las estrategias basadas en CC, Heur2 (s,  $Q^{CC}$ ) y Heur5 (T,  $S^{CC}$ ), tiene pequeñas desviaciones respecto a los tiempos de ciclo previstos. En este sentido estas estrategias se mantienen más atadas a sus políticas de lotificación, que es evidentemente más factible que SI. Por tanto, esta política más prudente basada en una estrategia que, como se introdujo en el estado del arte, es un *upper bound* para el coste total consigue mantenerse a alta utilización. Esta desviación mínima provoca que su rendimiento en costes se mejor que el de aquellas heurísticas que han superado su nivel de saturación. Como se observa en la tabla las desviaciones a 0.88 de las heurísticas basadas en CC, aun siendo superiores a sus desviaciones a 0.22, son mucho menores que las basadas en SI a esta utilización.

Tabla 6.2 Estabilidad de los tiempos de ciclo. CoV=0.3

Item	Uti	Tiempo de Ciclo SI	Tiempo de ciclo real						Tiempo de Ciclo CC	Tiempo de ciclo real						Tiempo de Ciclo PB	Tiempo de ciclo real					
			Heur1 (s, QSI)		Heur4 (T, SSI)		Heur10 (Leven & Segersted)			Heur2 (s, QCC)		Heur5 (T, SCC)		Heur3 (s, QPB)			Heur6 (T, SPB)		Heur8 (Fransoo)		Heur9 (Leachman & Gascon)	
			Tpo ciclo med.	% Des	Tpo ciclo med.	% Des	Tpo ciclo med.	% Des		Tpo ciclo med.	% Des	Tpo ciclo med.	% Des		Tpo ciclo med.	% Des	Tpo ciclo med.	% Des	Tpo ciclo med.	% Des	Tpo ciclo med.	% Des
1	0.22	333,38	333,50	0,0%	334,58	0,4%	335,00	0,5%	77,88	77,73	0,2%	78,04	0,2%	327,34	327,89	0,2%	328,00	0,2%	164,60	49,7%	311,47	4,8%
	0.88	167,53	168,83	0,8%	172,03	2,7%	159,86	4,6%	42,75	44,45	4,0%	43,39	1,5%	178,07	160,63	9,8%	162,79	8,6%	111,22	37,5%	157,27	11,7%
2	0.22	74,01	72,92	1,5%	75,33	1,8%	74,33	0,4%	77,88	76,91	1,2%	78,10	0,3%	72,74	72,00	1,0%	73,83	1,5%	36,92	49,2%	49,65	31,8%
	0.88	37,73	38,89	3,1%	41,31	9,5%	35,79	5,1%	42,75	43,66	2,1%	43,26	1,2%	39,57	41,24	4,2%	42,94	8,5%	30,68	22,5%	35,08	11,3%
3	0.22	75,95	75,09	1,1%	76,17	0,3%	77,00	1,4%	77,88	77,17	0,9%	78,09	0,3%	72,74	72,25	0,7%	73,92	1,6%	36,92	49,2%	51,92	28,6%
	0.88	39,26	40,57	3,3%	44,75	14,0%	38,57	1,8%	42,75	43,22	1,1%	43,28	1,2%	39,57	40,78	3,1%	44,91	13,5%	30,63	22,6%	35,15	11,2%
4	0.22	35,60	35,58	0,1%	36,40	2,2%	38,00	6,7%	77,88	77,22	0,9%	78,00	0,2%	36,37	36,50	0,4%	36,50	0,4%	18,74	48,5%	18,78	48,4%
	0.88	19,53	21,43	9,7%	23,51	20,4%	18,90	3,2%	42,75	42,97	0,5%	43,30	1,3%	19,79	21,32	7,7%	24,22	22,4%	14,51	26,7%	15,30	22,7%
5	0.22	97,85	97,56	0,3%	98,44	0,6%	98,48	0,6%	77,88	77,33	0,7%	78,09	0,3%	109,11	108,63	0,4%	110,55	1,3%	87,76	19,6%	89,71	17,8%
	0.88	49,68	51,56	3,8%	55,06	10,8%	46,79	5,8%	42,75	43,62	2,0%	43,29	1,3%	59,36	60,13	1,3%	67,27	13,3%	56,64	4,6%	56,46	4,9%
6	0.22	212,16	211,46	0,3%	213,33	0,6%	211,66	0,2%	77,88	77,91	0,0%	78,12	0,3%	218,23	217,60	0,3%	219,00	0,4%	192,67	11,7%	198,01	9,3%
	0.88	106,61	109,88	3,1%	112,46	5,5%	101,31	5,0%	42,75	46,01	7,6%	43,29	1,2%	98,93	101,91	3,0%	106,37	7,5%	95,48	3,5%	96,78	2,2%
7	0.22	407,12	397,00	2,5%	407,96	0,2%	398,00	2,2%	77,88	78,73	1,1%	78,09	0,3%	400,08	391,00	2,3%	401,00	0,2%	381,11	4,7%	385,08	3,7%
	0.88	204,33	204,24	0,0%	210,16	2,9%	184,89	9,5%	42,75	45,66	6,8%	43,29	1,2%	197,86	196,67	0,6%	200,00	1,1%	194,14	1,9%	170,19	14,0%
8	0.22	36,49	36,96	1,3%	38,09	4,4%	38,50	5,5%	77,88	78,64	1,0%	78,09	0,3%	36,37	37,04	1,8%	37,00	1,7%	18,98	47,8%	18,88	48,1%
	0.88	20,52	22,48	9,5%	26,11	27,2%	19,36	5,7%	42,75	42,83	0,2%	43,29	1,2%	19,79	21,56	9,0%	24,15	22,1%	14,84	25,0%	15,30	22,7%
9	0.22	114,48	115,81	1,2%	115,86	1,2%	119,14	4,1%	77,88	78,55	0,9%	78,09	0,3%	109,11	110,29	1,1%	110,86	1,6%	91,56	16,1%	93,04	14,7%
	0.88	61,48	62,48	1,6%	68,97	12,2%	60,31	1,9%	42,75	43,19	1,0%	43,29	1,2%	59,36	60,22	1,5%	67,16	13,2%	57,40	3,3%	57,13	3,8%
10	0.22	77,72	78,55	1,1%	78,00	0,4%	78,91	1,5%	77,88	78,45	0,7%	78,00	0,2%	72,74	73,17	0,6%	73,00	0,4%	47,82	34,3%	51,86	28,7%
	0.88	39,26	47,69	21,5%	53,66	36,7%	35,78	8,9%	42,75	46,66	9,1%	43,30	1,3%	39,57	47,02	18,8%	52,31	32,2%	33,76	14,7%	34,57	12,6%

Análogamente la Tabla 6.3, muestra el mismo concepto, en este caso con relación al número de *setups* por artículo a los que da lugar cada una de las heurísticas respecto al número de *setups* objetivo. Del análisis de la tabla se pueden extraer las mismas conclusiones respecto al comportamiento de las heurísticas.



**Tabla 6.3** Estabilidad del número de *setups*. CoV=0.3

Item	Uti	Num. Setups SI	Número de setups real								Stock Medio CC	Número de setups real				Stock Medio PB	Número de setups real							
			Heur1 (s, QSI)		Heur4 (T, SSI)		Heur10 (Leven & Segersted)		Heur2 (s, QCC)			Heur5 (T, SCC)		Heur3 (s, QPB)			Heur6 (T, SPB)		Heur8 (Fransoo)		Heur9 (Leachman & Gascon)			
			Num. Setups	% Des	Num. Setups	% Des	Num. Setups	% Des	Num. Setups	% Des		Num. Setups	% Des	Num. Setups	% Des		Num. Setups	% Des	Num. Setups	% Des	Num. Setups	% Des		
1	0.22	0,72	0,75	4,2%	0,75	4,2%	0,75	4,2%	3,08	3,00	2,6%	3,00	2,6%	0,73	0,75	2,3%	0,75	2,3%	1,50	104,6%	0,75	2,3%		
	0.88	1,43	1,50	4,7%	1,50	4,7%	1,50	4,7%	5,61	5,50	2,0%	5,50	2,0%	1,35	1,50	11,3%	1,50	11,3%	2,25	66,9%	1,50	11,3%		
2	0.22	3,24	3,25	0,2%	3,25	0,2%	3,25	0,2%	3,08	3,00	2,6%	3,00	2,6%	3,30	3,50	6,1%	3,25	1,5%	6,50	97,0%	4,75	44,0%		
	0.88	6,36	6,00	5,7%	5,75	9,6%	6,75	6,1%	5,61	5,50	2,0%	5,50	2,0%	6,06	5,75	5,2%	5,75	5,2%	8,00	31,9%	6,75	11,3%		
3	0.22	3,16	3,00	5,1%	3,25	2,8%	3,25	2,8%	3,08	3,25	5,5%	3,00	2,6%	3,30	3,25	1,5%	3,25	1,5%	6,50	97,0%	4,50	36,4%		
	0.88	6,11	6,00	1,8%	5,25	14,1%	6,25	2,2%	5,61	5,50	2,0%	5,75	2,4%	6,06	6,00	1,1%	5,25	13,4%	7,75	27,8%	6,75	11,3%		
4	0.22	6,74	6,75	0,1%	6,50	3,6%	6,25	7,3%	3,08	3,00	2,6%	3,00	2,6%	6,60	6,75	2,3%	6,50	1,5%	12,75	93,2%	12,75	93,2%		
	0.88	12,29	11,25	8,5%	10,00	18,6%	12,50	1,7%	5,61	5,50	2,0%	5,50	2,0%	12,13	11,25	7,3%	9,75	19,6%	16,50	36,0%	15,50	27,8%		
5	0.22	2,45	2,50	1,9%	2,50	1,9%	2,25	8,3%	3,08	3,25	5,5%	3,00	2,6%	2,20	2,25	2,3%	2,25	2,3%	2,75	25,0%	2,75	25,0%		
	0.88	4,83	4,75	1,7%	4,25	12,0%	5,00	3,5%	5,61	5,50	2,0%	5,50	2,0%	4,04	4,00	1,1%	3,75	7,3%	4,25	5,1%	4,25	5,1%		
6	0.22	1,13	1,00	11,6%	1,00	11,6%	1,00	11,6%	3,08	3,00	2,6%	3,00	2,6%	1,10	1,00	9,1%	1,00	9,1%	1,25	13,7%	1,25	13,7%		
	0.88	2,25	2,25	0,0%	2,00	11,2%	2,50	11,1%	5,61	5,25	6,5%	5,50	2,0%	2,43	2,25	7,3%	2,25	7,3%	2,75	13,4%	2,50	3,1%		
7	0.22	0,59	0,50	15,2%	0,50	15,2%	0,50	15,2%	3,08	3,00	2,6%	3,00	2,6%	0,60	0,50	16,6%	0,50	16,6%	0,50	16,6%	0,50	16,6%		
	0.88	1,17	1,00	14,9%	1,00	14,9%	1,25	6,4%	5,61	5,25	6,5%	5,50	2,0%	1,21	1,00	17,6%	1,25	3,1%	1,25	3,1%	1,50	23,7%		
8	0.22	6,58	6,50	1,2%	6,25	5,0%	6,25	5,0%	3,08	3,00	2,6%	3,00	2,6%	6,60	6,50	1,5%	6,50	1,5%	12,75	93,2%	12,50	89,4%		
	0.88	11,69	10,75	8,1%	9,25	20,9%	12,50	6,9%	5,61	5,50	2,0%	5,50	2,0%	12,13	11,00	9,3%	10,00	17,6%	16,25	34,0%	15,75	29,8%		
9	0.22	2,10	2,25	7,3%	2,00	4,6%	2,00	4,6%	3,08	3,00	2,6%	3,00	2,6%	2,20	2,00	9,1%	2,25	2,3%	2,50	13,7%	2,75	25,0%		
	0.88	3,90	3,75	3,9%	3,50	10,3%	4,00	2,5%	5,61	5,75	2,4%	5,50	2,0%	4,04	4,00	1,1%	3,50	13,4%	4,25	5,1%	4,25	5,1%		
10	0.22	3,09	3,00	2,9%	3,00	2,9%	3,00	2,9%	3,08	3,00	2,6%	3,00	2,6%	3,30	3,25	1,5%	3,25	1,5%	5,00	51,5%	4,75	44,0%		
	0.88	6,11	5,00	18,2%	4,50	26,4%	6,75	10,4%	5,61	5,25	6,5%	5,50	2,0%	6,06	5,00	17,6%	4,50	25,8%	7,25	19,5%	6,75	11,3%		

Por último la Tabla 6.4, muestra el inventario medio por artículo resultante de la simulación con cada una de las heurísticas respecto al inventario medio objetivo según su tiempo de ciclo objetivo. El inventario medio por artículo tiene una relación directa con el número medio de *setups* y el tiempo de ciclo medio descritos anteriormente. Se aprecia también el mismo efecto descrito en párrafos anteriores respecto a las desviaciones en relación con el inventario medio previsto para cada ítem. En el caso de las heurísticas Heur8 (Fransoo) y Heur9 (Leachman & Gascon), su regla de decisión mantiene la máquina en uso siempre que se supere la condición de *minimum run length*, como se mencionó en esta sección al analizar los tiempos de ciclo medios. En la Tabla 6.4 se observa cómo el inventario medio de algunos de los artículos llega a ser el doble que el previsto, debido a este criterio. Este efecto se puede contrastar en detalle para estos artículos en las gráficas de inventario mostradas a continuación.

Tabla 6.4 Estabilidad del inventario medio. CoV=0.3

Item	Uti	Stock Medio SI	Stock medio real						Stock Medio CC	Stock medio real				Stock Medio PB	Stok medio real							
			Heur1 (s, QSI)		Heur4 (T, SSI)		Heur10 (Leven & Segersted)			Heur2 (s, QCC)		Heur5 (T, SCC)			Heur3 (s, QPB)		Heur6 (T, SPB)		Heur8 (Fransoo)		Heur9 (Leachman & Gascon)	
			Stock med.	% Des	Stock med.	% Des	Stock med.	% Des		Stock med.	% Des	Stock med.	% Des		Stock med.	% Des	Stock med.	% Des	Stock med.	% Des	Stock med.	% Des
1	0.22	16613,25	16763,48	0,9%	17102,23	2,9%	16686,88	0,4%	3881,12	3932,26	1,3%	4002,50	3,1%	16312,39	16542,99	1,4%	16841,71	3,2%	25679,92	57,4%	17676,73	8,4%
	0.88	33059,39	32325,25	2,2%	32105,23	2,9%	33839,77	2,4%	8436,79	8472,87	0,4%	8932,74	5,9%	35139,94	31303,09	10,9%	32060,47	8,8%	42640,24	21,3%	33880,66	3,6%
2	0.22	3654,05	3703,69	1,4%	3739,98	2,4%	3680,07	0,7%	3845,42	4002,52	4,1%	4017,57	4,5%	3591,64	3759,07	4,7%	3656,82	1,8%	5939,82	65,4%	5261,14	46,5%
	0.88	7168,00	7279,09	1,5%	7474,89	4,3%	8949,13	24,8%	8123,26	8301,46	2,2%	8930,47	9,9%	7518,68	7568,93	0,7%	7890,65	4,9%	10749,48	43,0%	10017,12	33,2%
3	0.22	7435,17	7859,99	5,7%	7881,06	6,0%	7524,56	1,2%	7624,24	7922,81	3,9%	8107,19	6,3%	7121,06	7408,34	4,0%	7507,91	5,4%	11907,82	67,2%	10363,62	45,5%
	0.88	14382,65	15170,99	5,5%	15602,24	8,5%	16658,11	15,8%	15661,47	16374,09	4,6%	18239,79	16,5%	14495,85	15215,61	5,0%	15433,46	6,5%	22131,11	52,7%	20385,74	40,6%
4	0.22	6740,92	7469,56	10,8%	7602,45	12,8%	6939,79	3,0%	14745,66	16429,80	11,4%	16528,25	12,1%	6886,24	7550,84	9,7%	7887,37	14,5%	12526,00	81,9%	12545,90	82,2%
	0.88	12289,83	14429,26	17,4%	16346,97	33,0%	19985,02	62,6%	26906,52	37377,32	38,9%	40850,40	51,8%	12451,99	14947,71	20,0%	16326,76	31,1%	24761,39	98,9%	23768,39	90,9%
5	0.22	968,74	990,22	2,2%	991,69	2,4%	970,35	0,2%	771,03	774,49	0,4%	797,82	3,5%	1080,22	1111,12	2,9%	1103,30	2,1%	1417,79	31,3%	1380,18	27,8%
	0.88	1907,90	1940,59	1,7%	1900,03	0,4%	2199,87	15,3%	1641,75	1686,43	2,7%	1779,58	8,4%	2279,35	2338,07	2,6%	2271,43	0,3%	2825,17	23,9%	2827,99	24,1%
6	0.22	2114,48	2119,39	0,2%	2036,49	3,7%	2115,20	0,0%	776,22	774,44	0,2%	808,93	4,2%	2174,99	2252,35	3,6%	2200,37	1,2%	2604,88	19,8%	2549,45	17,2%
	0.88	4207,69	4209,63	0,0%	4141,45	1,6%	4542,48	8,0%	1687,36	1652,27	2,1%	1804,95	7,0%	3904,44	3909,15	0,1%	3751,05	3,9%	4461,67	14,3%	4430,70	13,5%
7	0.22	1218,31	1280,05	5,1%	1298,10	6,5%	1278,92	5,0%	233,06	239,01	2,6%	245,38	5,3%	1197,24	1249,97	4,4%	1269,30	6,0%	1282,64	7,1%	1286,85	7,5%
	0.88	2427,44	2509,60	3,4%	2401,61	1,1%	2330,45	4,0%	507,92	496,73	2,2%	548,50	8,0%	2350,58	2354,81	0,2%	2397,28	2,0%	2568,90	9,3%	2475,89	5,3%
8	0.22	1449,31	1663,61	14,8%	1676,07	15,6%	1530,57	5,6%	3093,56	3507,06	13,4%	3609,08	16,7%	1444,70	1615,38	11,8%	1704,49	18,0%	2725,89	88,7%	2734,24	89,3%
	0.88	2576,56	3420,51	32,8%	3622,47	40,6%	4251,93	65,0%	5367,27	7703,62	43,5%	9145,59	70,4%	2483,90	3208,14	29,2%	3594,18	44,7%	5248,34	111,3%	5002,95	101,4%
9	0.22	4658,68	4917,27	5,6%	5124,02	10,0%	4784,71	2,7%	3169,31	3449,76	8,8%	3551,11	12,0%	4440,22	4753,63	7,1%	4743,93	6,8%	6087,26	37,1%	5931,80	33,6%
	0.88	8674,87	10444,52	20,4%	11089,22	27,8%	10324,28	19,0%	6032,59	7052,33	16,9%	8589,73	42,4%	8375,41	10047,60	20,0%	10682,46	27,5%	12806,69	52,9%	12474,47	48,9%
10	0.22	3860,05	3994,37	3,5%	4105,64	6,4%	3940,39	2,1%	3868,14	4045,07	4,6%	4104,10	6,1%	3612,85	3757,19	4,0%	3837,16	6,2%	5355,26	48,2%	5203,18	44,0%
	0.88	7641,99	6722,70	12,0%	6406,38	16,2%	8579,53	12,3%	8322,78	7982,57	4,1%	9183,32	10,3%	7703,35	6863,23	10,9%	6568,82	14,7%	10558,50	37,1%	10246,95	33,0%

En la siguiente serie de figuras se muestra la situación del inventario en el tiempo de cada uno de los artículos. Las gráficas muestran el nivel de inventario del último año de simulación (240 días) para cada una de las heurísticas, a un nivel de utilización de 0.88, con un coeficiente de variación de la demanda de  $CoV = 0.3$

En primer lugar, la Figura 6.10, Figura 6.11 y Figura 6.12 muestran el inventario de las estrategias basadas en tiempos de ciclo independientes SI, Heur1 (s,  $Q^{SI}$ ), Heur4 (T,  $S^{SI}$ ) y Heur10 (Leven & Segersted).

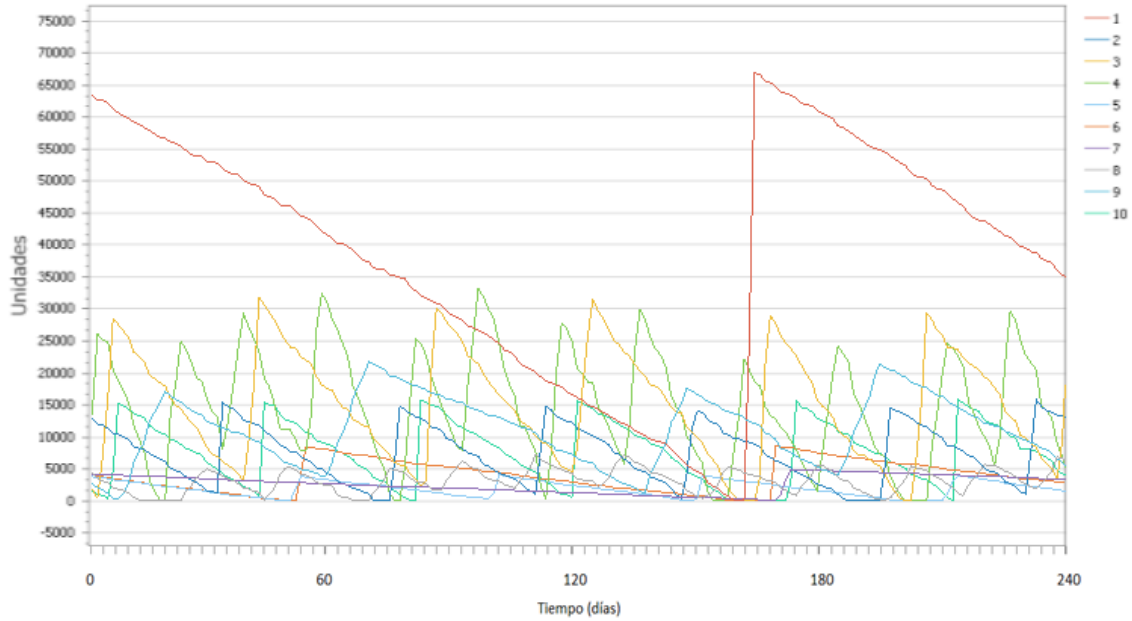


Figura 6.10. Inventario por artículo Utilización 0.88.CoV=0.3. Heur1 (s,  $Q^{SI}$ )

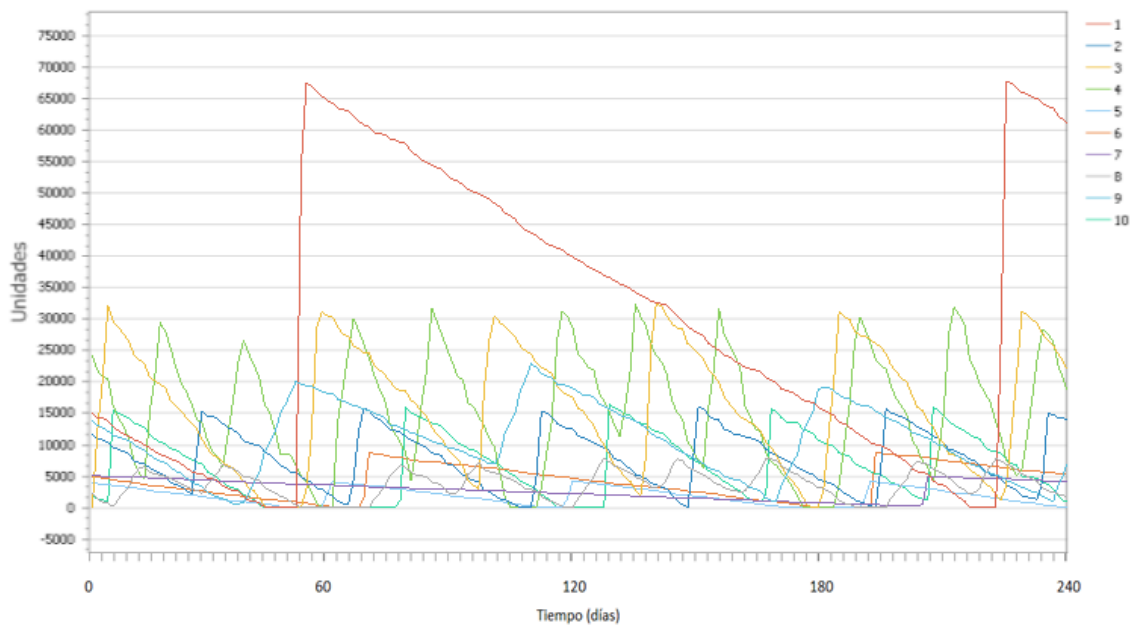
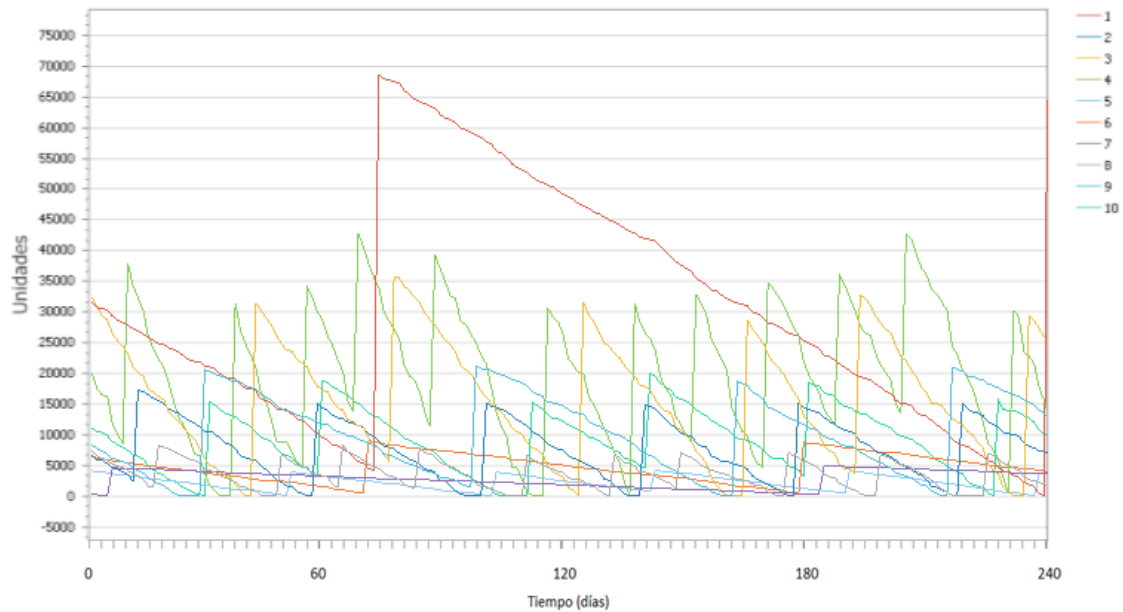


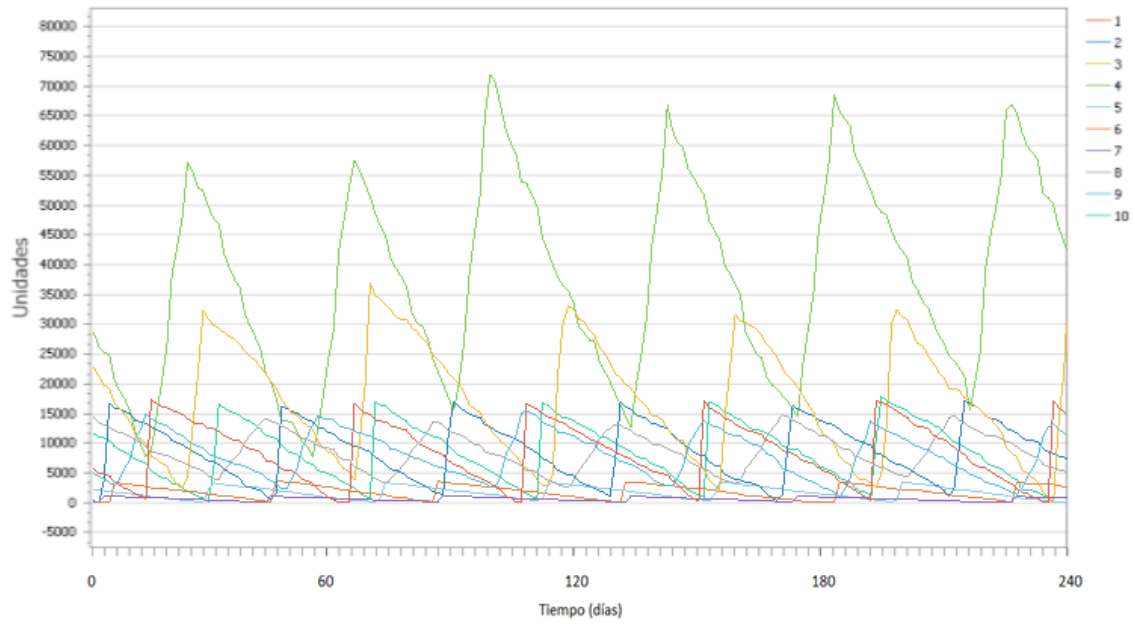
Figura 6.11. Inventario por artículo Utilización 0.88.CoV=0.3. Heur4 (T,  $S^{SI}$ )



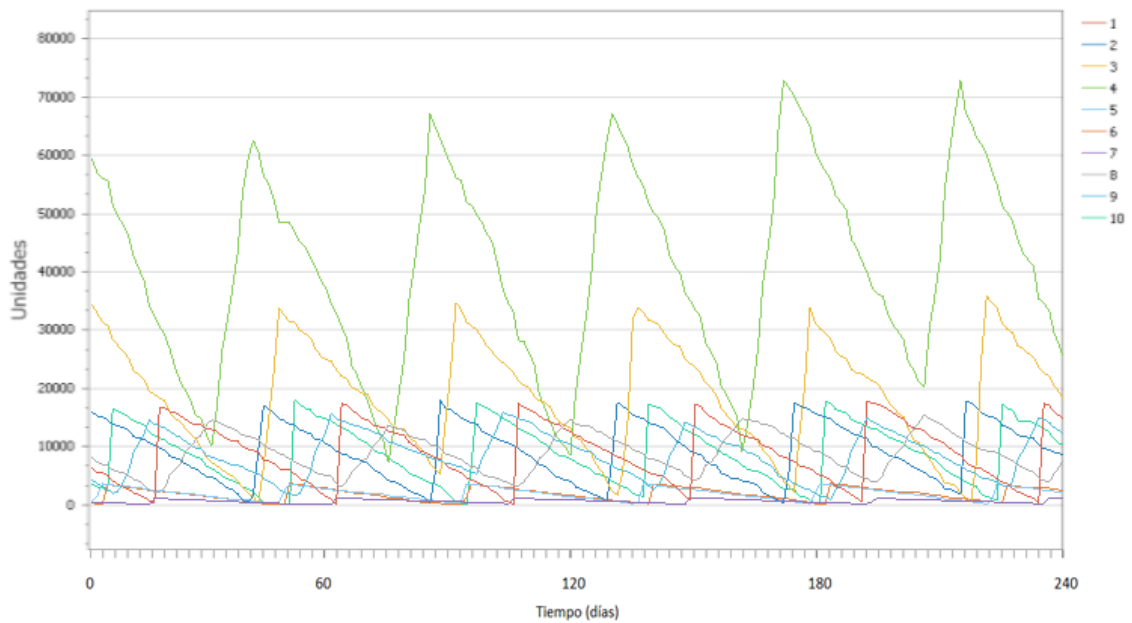
**Figura 6.12.** Inventario por artículo Utilización 0.88.CoV=0.3. **Heur10 (Leven & Segersted)**

Como se aprecia en las figuras, no existe ningún tipo de acompasamiento entre los lanzamientos de los diferentes artículos, cuyo tiempo de ciclo es independiente del resto de ítems. Se aprecian roturas de stock para varios de los artículos. En la Figura 6.12 se puede comprobar el efecto de ajuste de los tiempos de ciclo en función de la holgura de los lotes de la heurística Heur10 (Leven & Segersted) frente a las otras dos.

La Figura 6.13 y la Figura 6.14 representan de nuevo el nivel de inventario de los artículos en relación con el tiempo, en este caso para las heurísticas basadas en CC, Heur2 ( $s, Q^{CC}$ ) y Heur5 ( $T, S^{CC}$ ). En las figuras se aprecia la existencia de un patrón cíclico repetitivo, (General Cyclic Schedule, GCS), en el que se lanza un lote de cada uno de los artículos., de manera que los inventarios de todos ellos se encuentran acompasados. El nivel de inventario máximo en cada caso es función del inventario en el momento del lanzamiento del lote. Para la Heur2 ( $s, Q^{CC}$ ), se trata de un lote de tamaño fijo para cada ítem, aunque lanzado en momentos diferentes. Para la Heur5 ( $T, S^{CC}$ ), el lote es variable en función del inventario en el momento de lanzamiento.

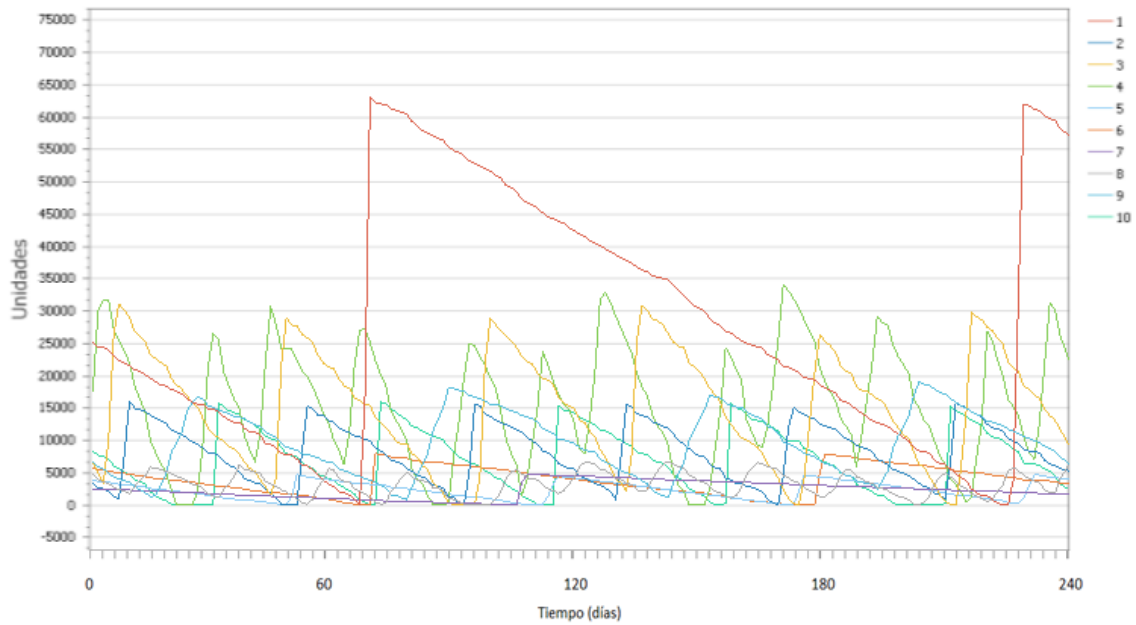


**Figura 6.13.** Inventario por artículo Utilización 0.88.CoV=0.3. **Heur2 (s, Q<sup>CC</sup>)**

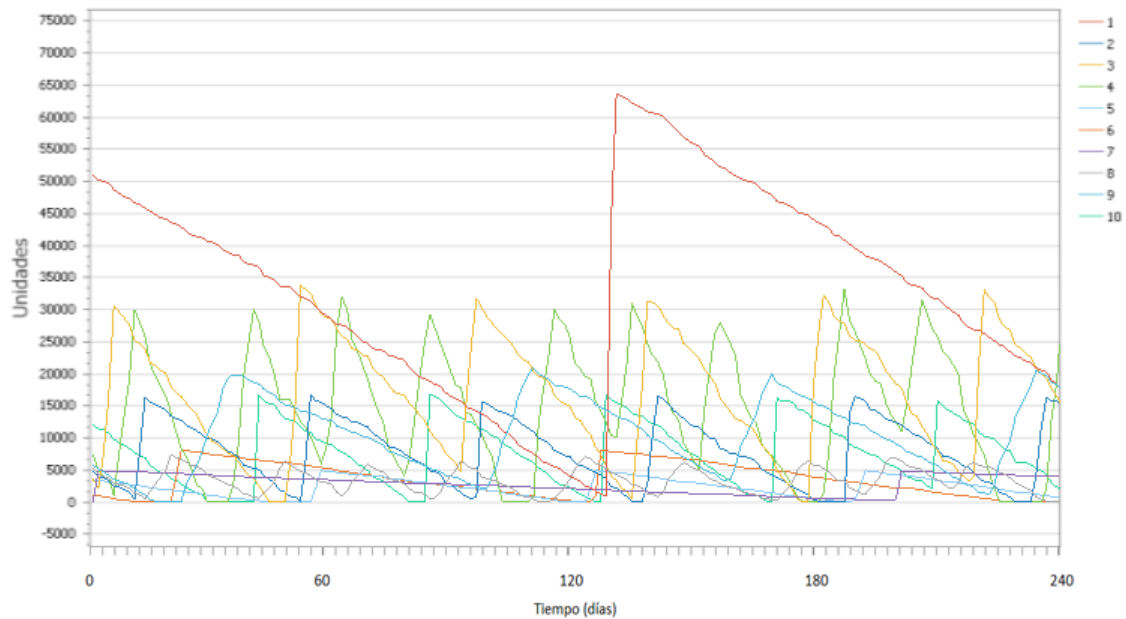


**Figura 6.14.** Inventario por artículo Utilización 0.88.CoV=0.3. **Heur5 (T, S<sup>CC</sup>)**

Las figuras desde Figura 6.15 hasta Figura 6.18 muestran los inventarios en función del tiempos para las cuatro heurísticas con tiempos de ciclo calculados por PB, Heur3 (s, Q<sup>PB</sup>), Heur6 (T, S<sup>PB</sup>), Heur8 (Fransoo) y Heur9 (Leachman & Gascon). Las dos primeras tienen una evolución similar de los inventarios. Se aprecia perfectamente la existencia de nuevo de un patrón cíclico repetitivo, GCS, aunque en este caso no con un único lanzamiento de cada artículo. En este caso, el número de lanzamientos de cada artículo dentro del GCS es función de su  $k_i$  correspondiente, como multiplicador de su tiempo de ciclo respecto al periodo básico.



**Figura 6.15.** Inventario por artículo Utilización 0.88.CoV=0.3. **Heur3 (s, Q<sup>PB</sup>)**



**Figura 6.16.** Inventario por artículo Utilización 0.88.CoV=0.3. **Heur6 (T, S<sup>PB</sup>)**

En cambio, con las heurísticas Heur8 (Fransoo) y Heur9 (Leachman & Gascon), es menos clara la existencia de un el patrón cíclico repetitivo. En el primer caso, la heurística Heur8 (Fransoo), tiende a mantener la máquina activa, lo que le aporta un gran rendimiento a altas utilizations. Los lotes son emitidos siempre que la máquina se encuentre libre y se cumpla la condición de mínimo *run length*. La heurística Heur9 (Leachman & Gascon) utiliza el concepto de holgura para ajustar los lotes de los artículos a un nuevo tiempo de ciclo en cada lanzamiento. Estas dos circunstancias distorsionan la evolución del inventario, y la existencia de patrones cíclicos repetitivos.

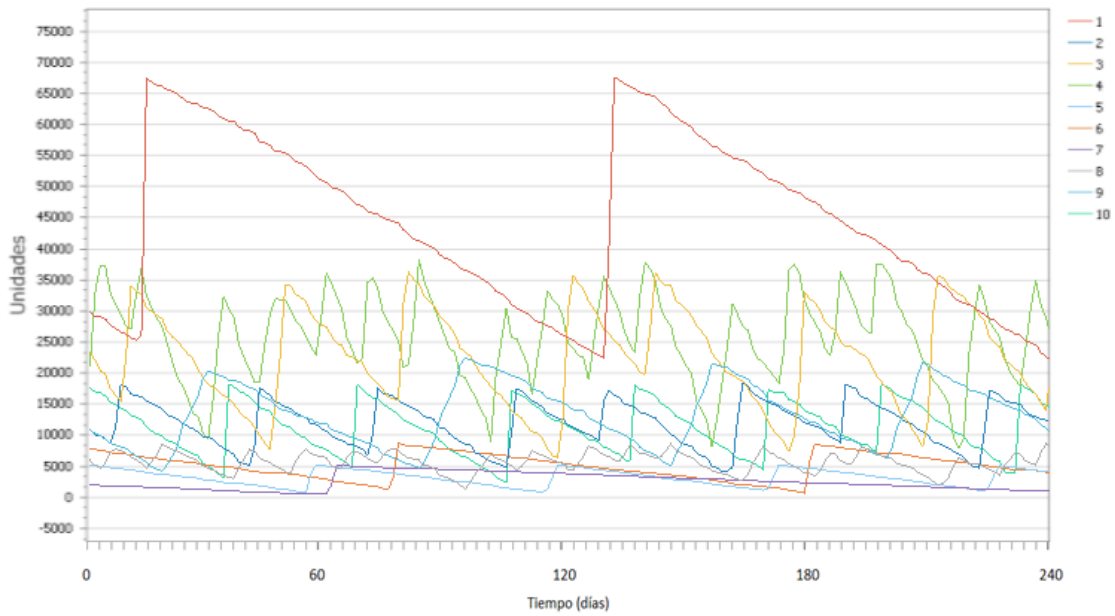


Figura 6.17. Inventario por artículo Utilización 0.88.CoV=0.3. Heur8 (Fransoo)

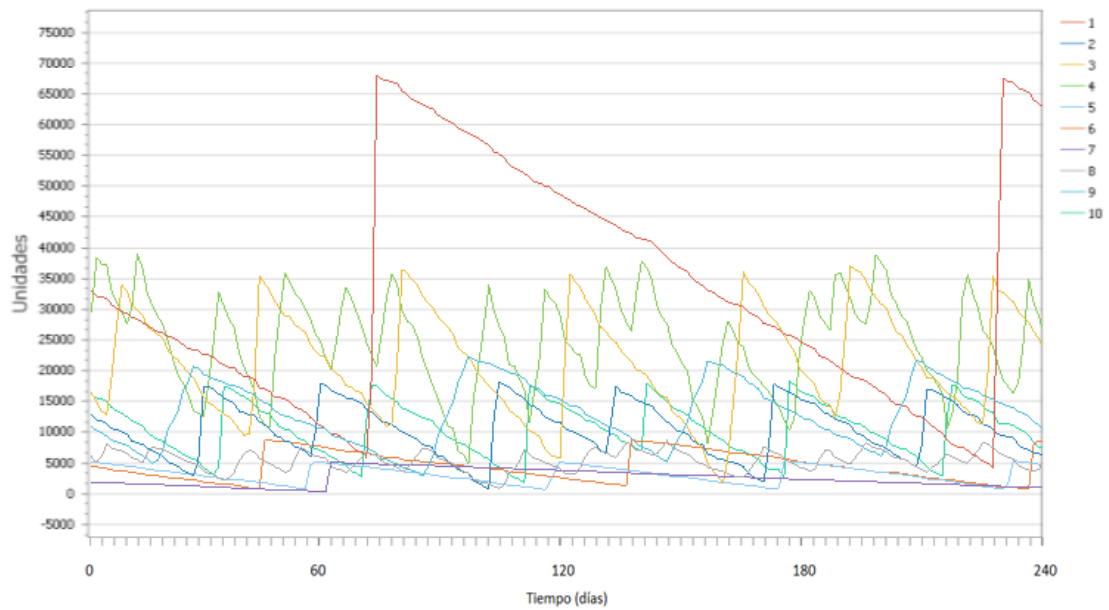
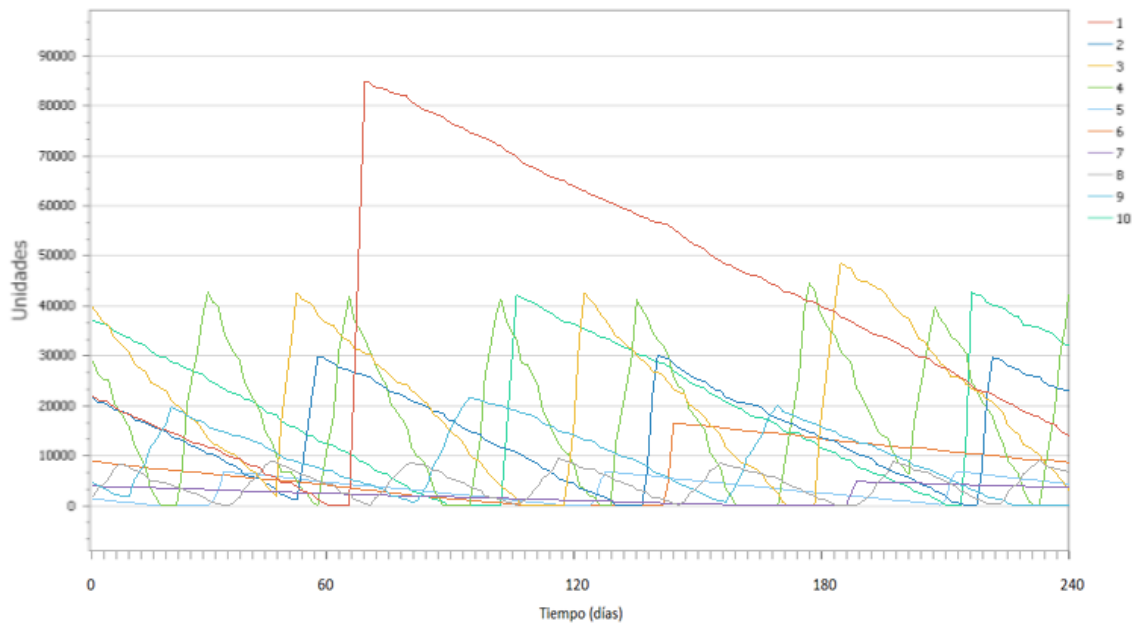


Figura 6.18. Inventario por artículo Utilización 0.88.CoV=0.3. Heur9 (Leachman & Gascon)

Por último, la Figura 6.19 muestra el inventario en función del tiempo para la heurística Heur7 (Vergin & Lee), que emplea una política de lotificación global. En la figura se aprecia un gran número de roturas de stock, efecto cuyas causas ya se han descrito anteriormente en esta sección. Además la política de secuenciación no conduce a la existencia de patrones cíclicos repetitivos como se aprecia claramente en la figura.



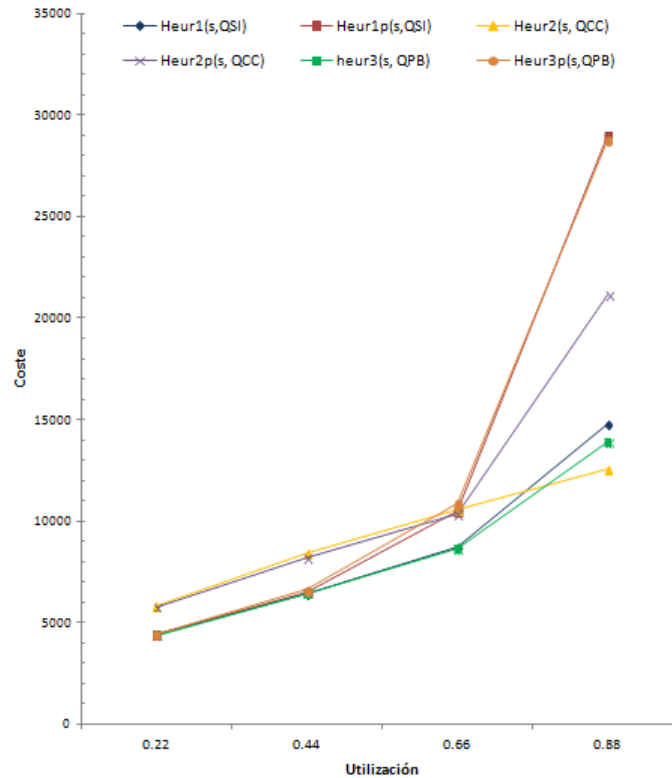


**Figura 6.19.** Inventario por artículo Utilización 0.88.CoV=0.3. Heur7 (Vergin & Lee)

### 6.2.5 Efecto de la característica *preemptive*

En la descripción de las heurísticas del capítulo 4, se describieron las heurísticas Heur1 $p$  ( $s$ ,  $Q^{SI}$ ), Heur2 $p$  ( $s$ ,  $Q^{CC}$ ) y Heur3 $p$  ( $s$ ,  $Q^{PB}$ ). Estas tres heurísticas incorporan la característica *preemptive* a las tres primeras heurísticas presentadas en este estudio, las heurísticas de punto de pedido Heur1 ( $s$ ,  $Q^{SI}$ ), Heur2 ( $s$ ,  $Q^{CC}$ ), Heur3 ( $s$ ,  $Q^{PB}$ ). En virtud de esta característica, en estas heurísticas la regla de decisión permite interrumpir la orden en curso, en caso de que el inventario de otro artículo se encuentre por debajo de su stock de reorden  $s$ .

En esta sección se presenta el rendimiento de estas heurísticas frente a los costes totales y la estabilidad de la secuencia, en contraposición a los presentados para las variantes no *preemptive* de estas mismas heurísticas.

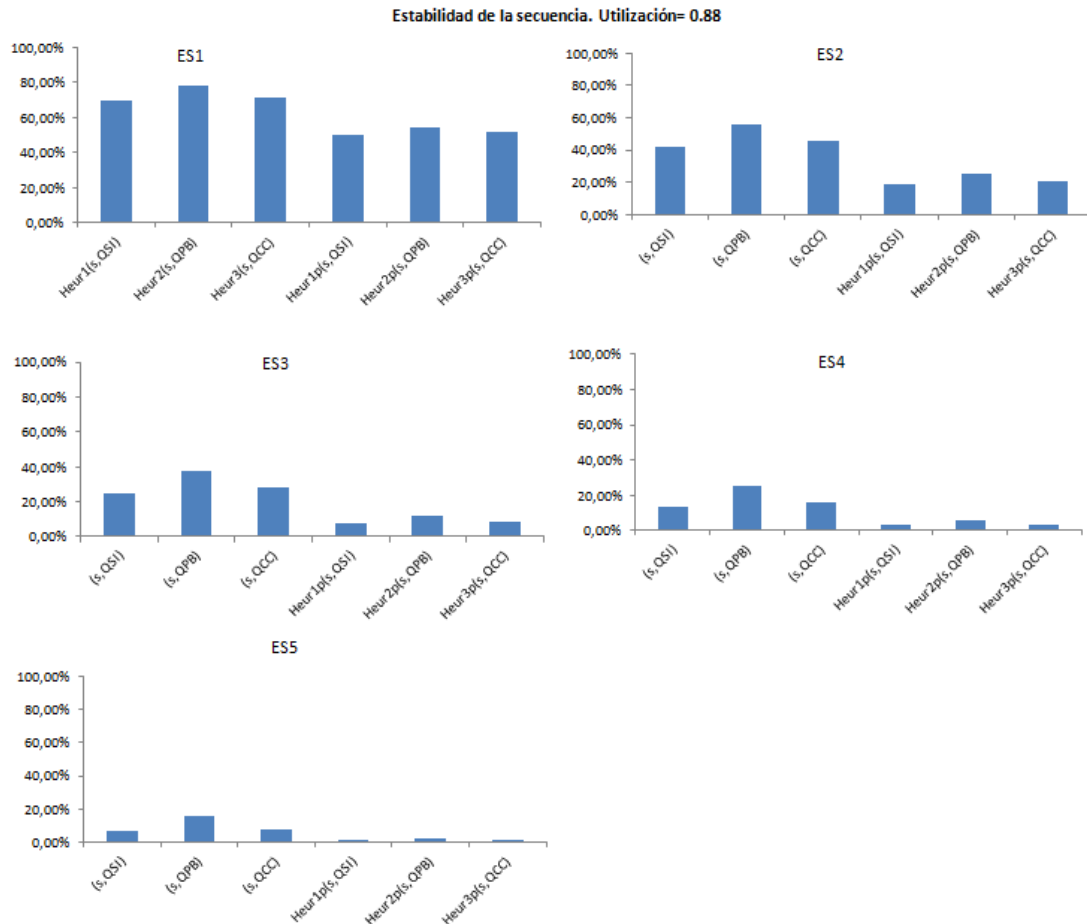


**Figura 6.20.** Comportamiento del coste total frente al nivel de utilización.

Heurísticas de punto de pedido. *Preemptive* frente a no *Preemptive* CoV0.3

Como se aprecia en la figura, a bajos niveles de utilización (0.22 y 0.44) el comportamiento de las variantes *preemptive* de las heurísticas es muy similar al de sus variantes no *preemptive*. Sin embargo, ante un aumento de la utilización se comprueba cómo claramente las heurísticas empeoran drásticamente su comportamiento. Esto se debe a que a estos niveles de utilización es mucho más frecuente que se produzcan interferencias por el uso de la máquina bajo las cuales la heurísticas *preemptive* sobreaccionan, con numerosas interrupciones de lote, que provocan un mayor número de *setups*, que reducen la capacidad disponible y provocan una situación todavía más compleja de secuenciar. Esta situación conduce a un estado denominado *chaotic spike* (Wilding 1998), en el que se producen constantes pérdidas de ventas de las cuales y en la que el sistema no es capaz de recuperar una situación de estabilidad.

Respecto a la estabilidad de la secuencia, la Figura 6.21 muestra el indicador para la estabilidad de la secuencia a profundidad de hasta 5 ítems, para un nivel de utilización  $\rho = 0.88$ , y un rango de incertidumbre en la demanda correspondiente a un  $CoV=0.3$ .



**Figura 6.21.** Comportamiento de la estabilidad de la secuencia

Heurísticas de punto de pedido. *Preemptive* frente a no *Preemptive* CoV0.3

Como se aprecia en la figura, el comportamiento de las heurísticas *preemptive* es también respecto a este indicador claramente peor que el de las variantes no *preemptive*. Como se ha comentado en el párrafo anterior, a ese nivel de utilización estas heurísticas de punto de pedido se encuentran saturadas, con importantes diferencias de rendimiento de coste frente al coste previsto. En esta situación la característica *preemptive* introduce un excesivo “nerviosismo” en el sistema que provoca constantes interrupciones de lotes y variaciones sobre la secuencia prevista.

### 6.3 Driver Número de Ítems

Tal como se describía en el capítulo 5, el experimento E2 consiste en el análisis del comportamiento de las 10 heurísticas definidas, para 3 diferentes data sets basados en el data set de Bomberger original, con diferente número de artículos, y bajo diferentes condiciones de utilización y grados de incertidumbre en la demanda, como se muestra en la Tabla 6.5. Estos valores de los parámetros del experimento definen un total de 468 escenarios. Este experimento añade por tanto tres nuevos data sets con diferente número de artículos sobre la base del experimento E1 y permite por tanto añadir a las conclusiones

del experimento 1 la influencia del número de ítems sobre el rendimiento de las heurísticas.

**Tabla 6.5** Escenarios experimento E2

<b>Experimento</b>	
<b>E2</b>	
<b>Escenarios Entorno producción</b>	
<b>Heurística</b>	<b>13</b>
Valores (HEUR1, HEUR2, HEUR3, HEUR1p, HEUR2p, HEUR3p, HEUR4, HEUR5, HEUR6, HEUR7, HEUR8, HEUR9, HEUR10)	
<b>Ratio de Utilización</b>	<b>4</b>
Valores pi (0.22, 0.44, 0.66, 0.88)	
<b>Coefficiente de variación demanda</b>	<b>3</b>
Valores CoV (0.1, 0.3, 0.5)	
<b>Escenarios Data Sets</b>	
<b>Variante Número Artículos</b>	<b>3</b>
	A20, A30, A40
<b>Escenarios Inventarios iniciales</b>	
	<b>1</b>
	100%
<b>Número total de escenarios del experimento</b>	<b>468</b>

### 6.3.1 Análisis estadístico de los resultados

La Figura 6.22 muestra de nuevo a través del gráfico SMORE, la distribución de los resultados en el conjunto de repeticiones para cada heurística. La figura representa únicamente la dispersión de rendimiento de las heurísticas, considerando exclusivamente el coste total, para el caso con utilización 0.88, bajo los coeficientes de variación de la demanda 0.1 y 0.5, con el data set A20. La Figura 6.23 muestra la misma información para el data set A40. En ambas figuras, y por tanto para ambos data sets, al igual que para el data set de 10 ítems, se aprecia una mayor dispersión de los resultados para la mayoría de las heurísticas en las instancias con mayor grado de incertidumbre de la demanda. Además, se aprecia igualmente cómo existen heurísticas menos sensibles a la variabilidad. Por claridad en la exposición, la figura representa únicamente la dispersión de rendimiento de las heurísticas, considerando exclusivamente el coste total, para el caso con utilización 0.88 para los data sets A20 y A40. El razonamiento es análogo para el resultado con utilizaciones de 0.22, 0.44 y 0.66.

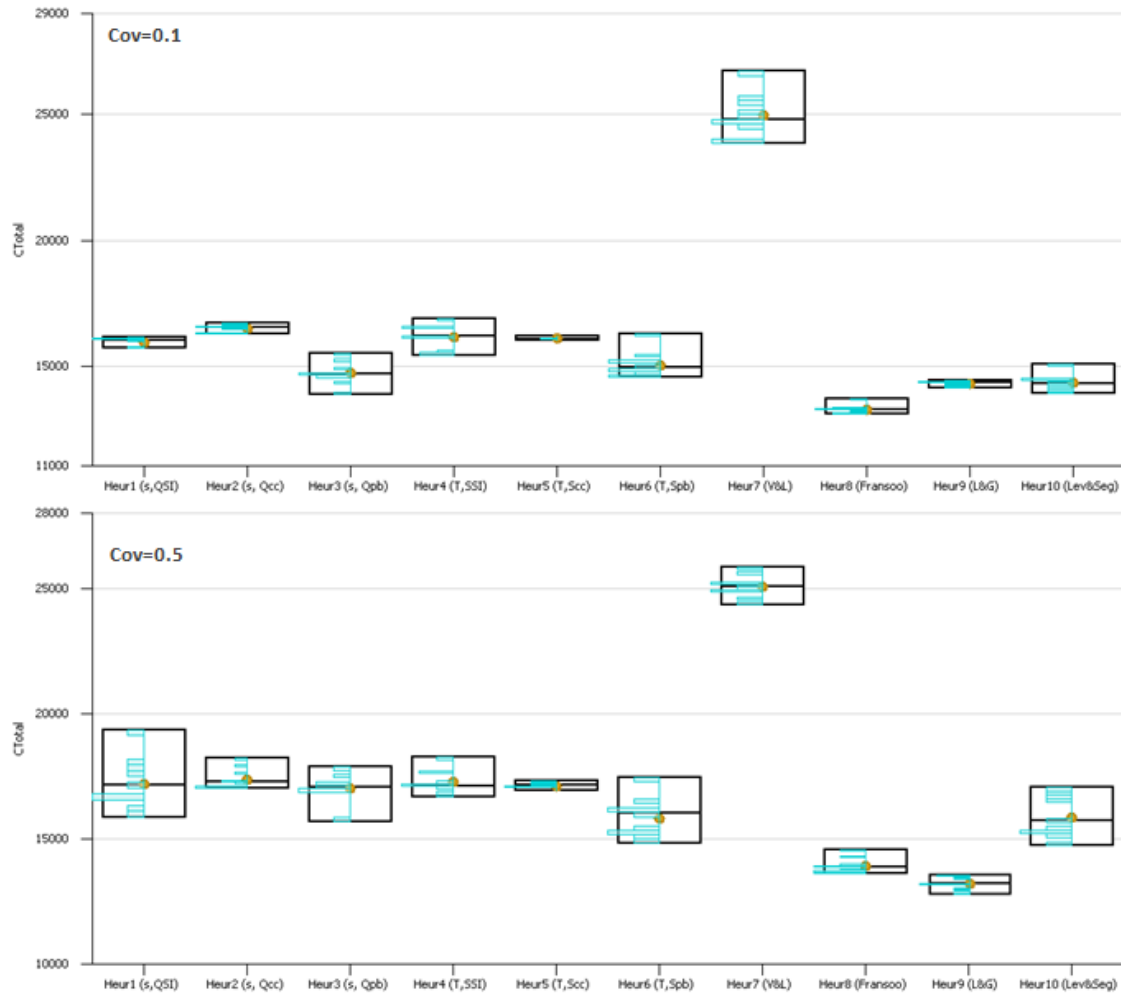


Figura 6.22 Variabilidad del coste total. Utilización=0.88; CoV=0.1; 0.5.Data Set A20

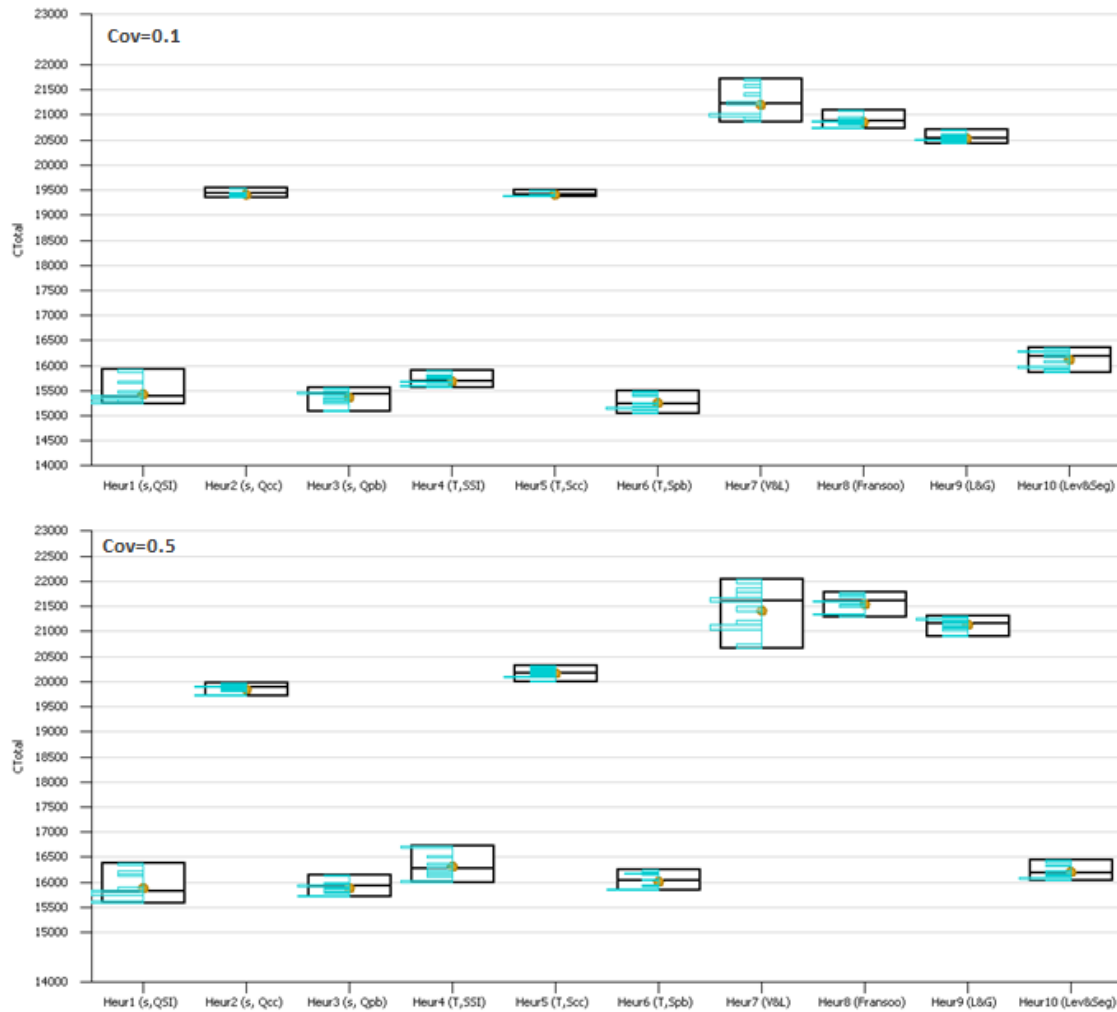
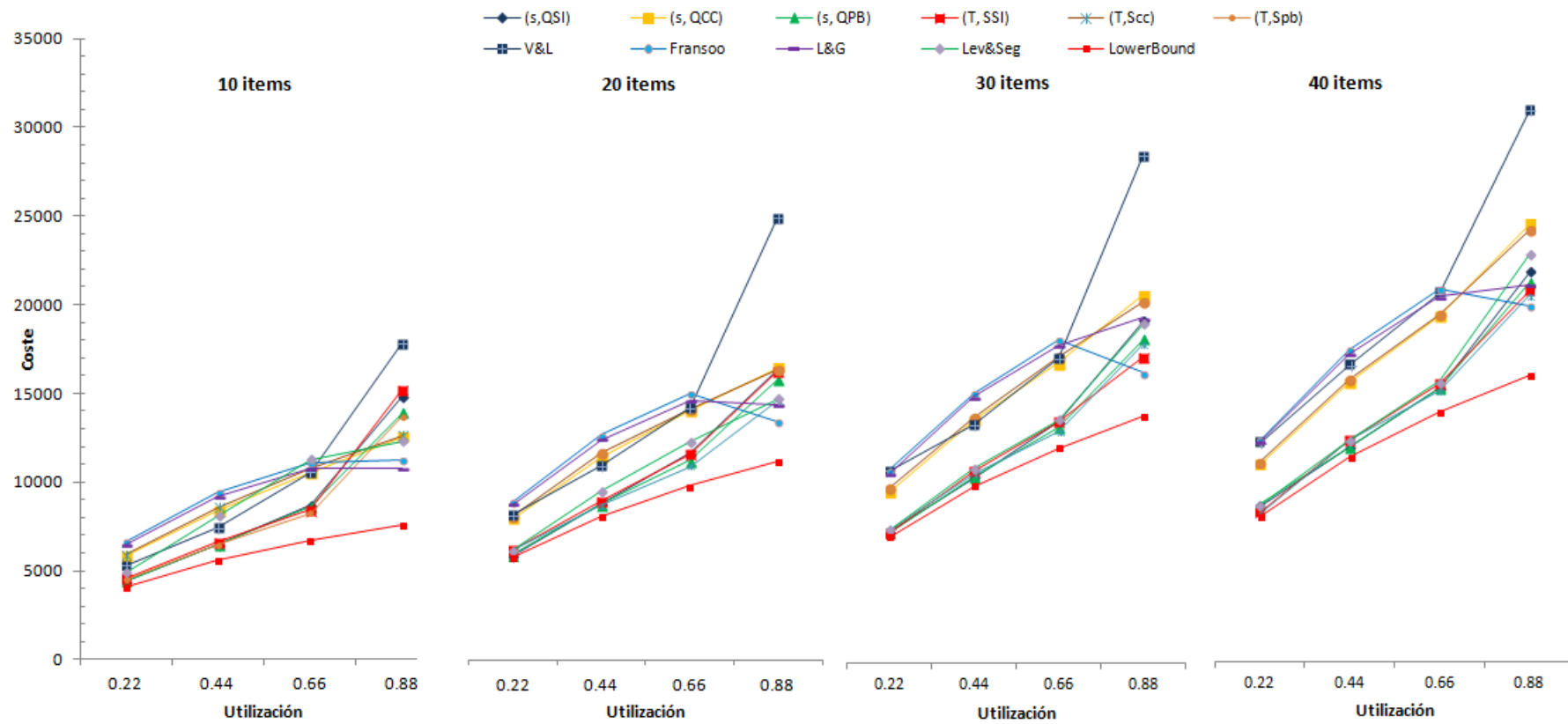


Figura 6.23. Variabilidad del coste total. Utilización=0.88; CoV=0.1; 0.5.Data Set A40

### 6.3.2 Comportamiento de los costes totales

La Figura 6.24 muestra el coste total resultante tras el experimento de simulación de cada una de las heurísticas. En la figura, se representa el coste para 4 data sets diferentes, cada uno de ellos con un número diferente de artículos. Los data sets considerados son A20, A30, A40, además del data set original de Bomberger, descritos en el capítulo 5. Sin pérdida de generalidad en las conclusiones, para mejorar la claridad en la exposición del análisis, en esta sección se muestran únicamente los resultados únicamente para un coeficiente de variación de la demanda CoV 0.3. Los resultados del experimento completo, se muestran en el apéndice.



**Figura 6.24.** Comportamiento del coste total frente al nivel de utilización. Demanda  $CoV=0.3$   
Data sets 10, 20, 30, 40 ítems

El primero de los efectos que se extrae de la observación de la figura, es el ya descrito en la sección 6.2.2. Para cada data set, el rendimiento relativo de las diferentes heurísticas no es el mismo a diferentes ratios de utilización. Como se describió en ese apartado, las heurísticas con buenos rendimientos a bajos niveles de utilización, empeoran su rendimiento relativo frente al resto, al aumentar la utilización. Estas heurísticas trabajan con tiempos de ciclo cercanos al óptimo, con reducidos costes de almacenamiento y lanzamiento. A bajos niveles de utilización es posible secuenciar los lotes con este criterio de lotificación sin incurrir en excesivos costes de no entrega. Sin embargo, a partir de ratios de utilización 0.66, se comprobó que los problemas para mantener el criterio de lotificación se muestran en forma de coste de no entrega. Este efecto persiste independientemente del data set, y por tanto del número de ítems.

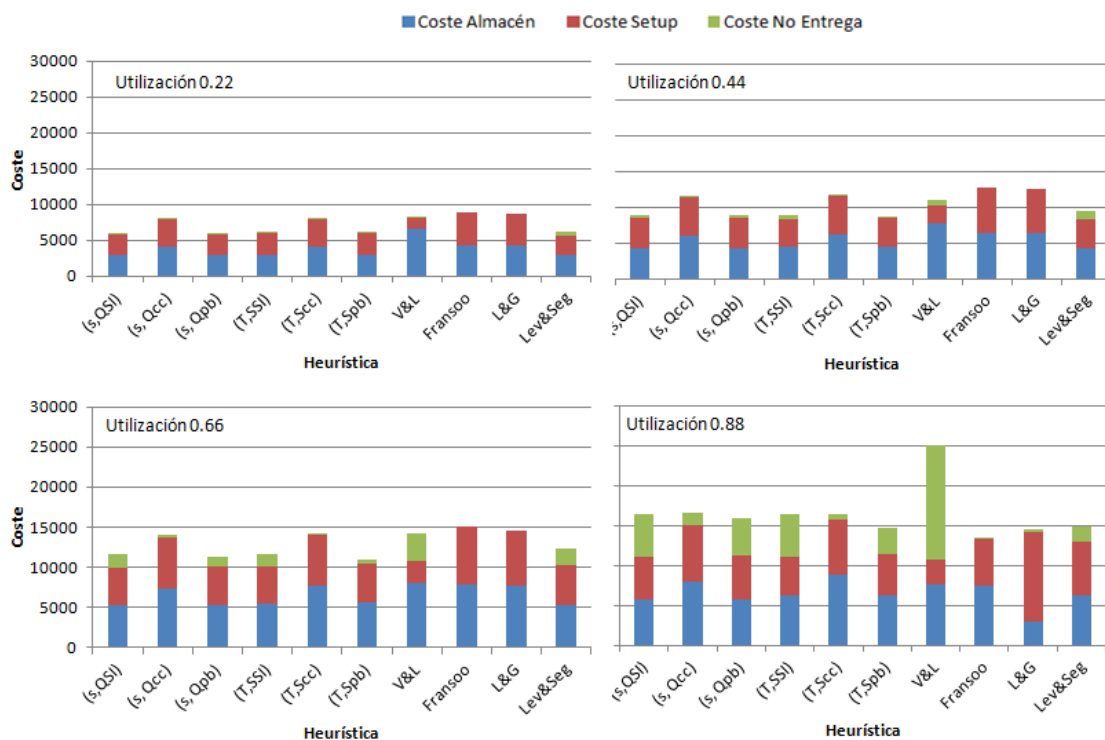
El segundo efecto, que se aprecia por primera vez en este experimento, consiste en que el patrón con el que se produce esa variación en el rendimiento relativo de las heurísticas no es el mismo con cada data set. Mientras que con el data set de Bomberger la heurística Heur1 (s,  $Q^{SI}$ ) pasaba a tener uno de los peores rendimientos a una utilización de 0.88 no ocurre lo mismo con los data set A20, A30, A40 de 20, 30 y 40 ítems respectivamente. Efectivamente, se aprecia cómo la heurística empeora su rendimiento y se acerca más a rendimientos de las heurísticas con ciclos PB y CC, más fácilmente secuenciables. La heurística Heur1 (s,  $Q^{SI}$ ) con 10 ítems a un nivel de utilización de 0.88 tiene un rendimiento claramente peor que Heur2 (s,  $Q^{CC}$ ), mientras que para 20 ítems el rendimiento es similar y para 30 y 40 ítems su rendimiento es claramente mejor. El hecho relevante de esta observación no es tanto que el rendimiento pase de ser mejor a ser peor, como que el cambio relativo ocurre en diferente momento según el data set, y por tanto según el número de ítems. En todos los casos se aprecia cómo la diferencia en el rendimiento se reduce al aumentar la utilización, pero el momento en el que la heurística basada en tiempos óptimos pasa a ser peor es diferente con 10, 20, 30 y 40 ítems. De hecho con 30 y 40 no llega a ocurrir ni siquiera a una utilización de 0.88. De nuevo es una conclusión relevante. Mientras que parece claro que una heurística basada en tiempos de ciclo óptimo tiene un “límite” respecto al nivel de utilización en el que es recomendable utilizarla, este límite no es el mismo con diferente número de artículos. En concreto este límite se da a mayores niveles de utilización cuanto mayor es el número de ítems del data set. Esta conclusión, extraída únicamente de la comparación de las heurísticas Heur1 (s,  $Q^{SI}$ ) frente a Heur2 (s,  $Q^{CC}$ ), es extensible al resto como se puede observar en la figura. No se trata de una conclusión cuantitativa respecto al nivel en el que ocurre, si no cualitativa en el sentido de que ocurre de forma diferente para todas ellas según el data set.

Analizando la composición de los costes totales mostrada en las siguientes figuras es posible determinar las causas de este efecto. De igual modo que la Figura 6.3 mostraba el desglose de los costes para 10 ítems, la Figura 6.25, Figura 6.26 y Figura 6.27 muestran el desglose para 20, 30 y 40 ítems. De nuevo, observando únicamente el rendimiento relativo de Heur1 (s,  $Q^{SI}$ ) y Heur2 (s,  $Q^{CC}$ ) al máximo nivel de utilización para cada data set se aprecian las causas de estas diferencias de comportamiento. Para el data set de 20 ítems A20, mostrado en la Figura 6.25 la importancia relativa de los costes de no entrega es algo



mayor con respecto a lo que ocurría con el data set de 10 ítems de Bomberger, mostrado en la Figura 6.3. Lo que ocurre es que para el data set de 20 ítems no se cumple la condición de factibilidad para el tiempo de ciclo CC, expresada en (2.14). Es decir, el tiempo requerido para *setups* con el tiempo de ciclo calculado es mayor del disponible, por lo que una secuenciación por CC a priori obvia es inviable a este nivel de utilización, y el sistema se encuentra saturado, por lo que aparecen costes de no entrega. La situación se aprecia de manera más acusada para los data sets A30 y A40.

Con respecto a las heurísticas Heur8 (Fransoo) y Heur9 (Leachman & Gascon) que obtienen los mejores costes resultantes, el motivo fundamental es que sus políticas de secuenciación evitan en gran medida la aparición de costes de no entrega. En el caso de Heur8 (Fransoo) lo hace con un aumento relativo de los costes de inventario, emitiéndose lotes prácticamente siempre que se cumple la condición de mínimo run length. En el caso de Heur9 (Leachman & Gascon), lo hace ajustando los tiempos de ciclo en función de las holguras, lo que repercute en un mayor número de lanzamientos con el correspondiente aumento de costes de *setup*, aunque alcanza el objetivo de minimizar los costes de no entrega. En cambio, Heur10 (Leven & Segersted), con un planteamiento similar no lo consigue por dos motivos. En primer lugar trabaja con tiempos de ciclo SI, lo que dificulta la secuenciación y obliga a mayor número de ajustes que Heur9 (Leachman & Gascon). En segundo lugar mantiene la secuencia fija durante cada 5 lotes, lo que a altos niveles de utilización y con grandes cantidades de productos se demuestra como poco conveniente.



**Figura 6.25.** Desglose del coste total. Incertidumbre en la demanda  $CoV=0.3$  Data set 20 ítems

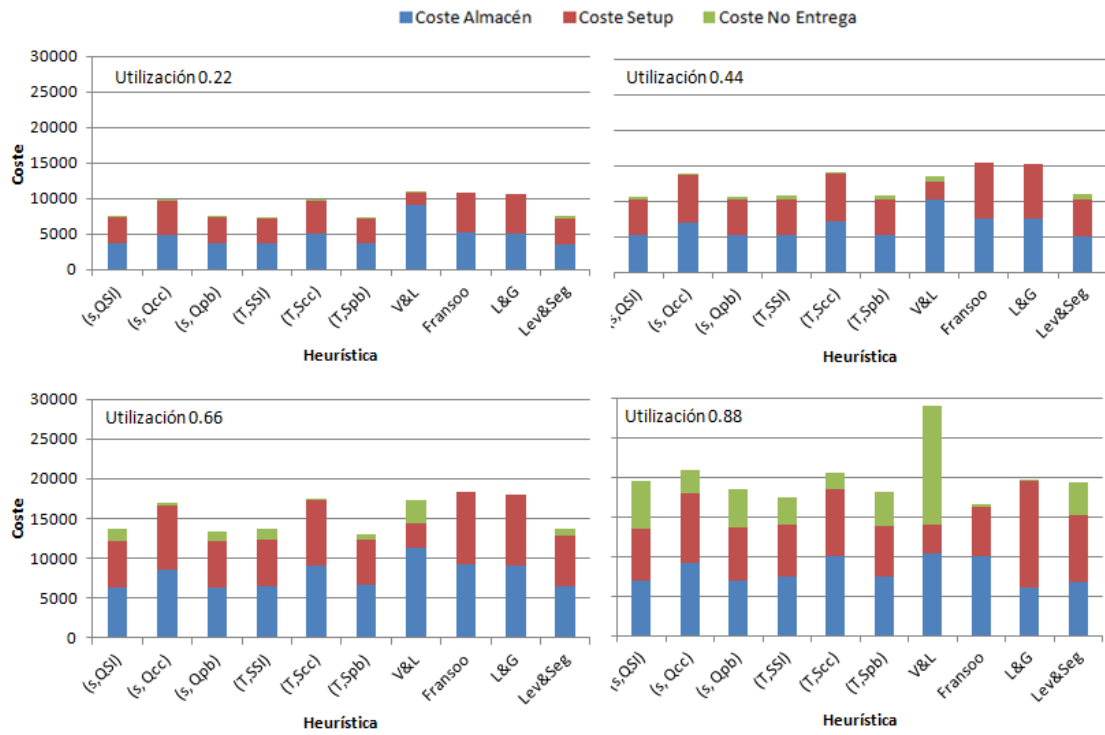


Figura 6.26. Desglose del coste total. Incertidumbre en la demanda  $CoV=0.3$  Data set 30 ítems

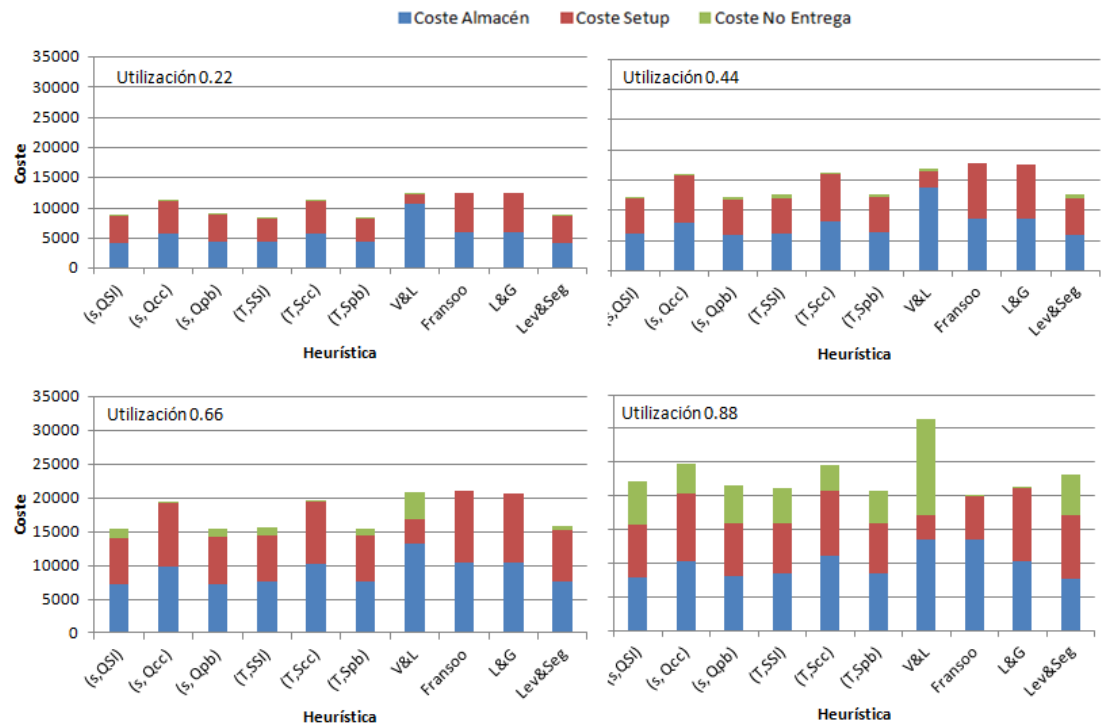
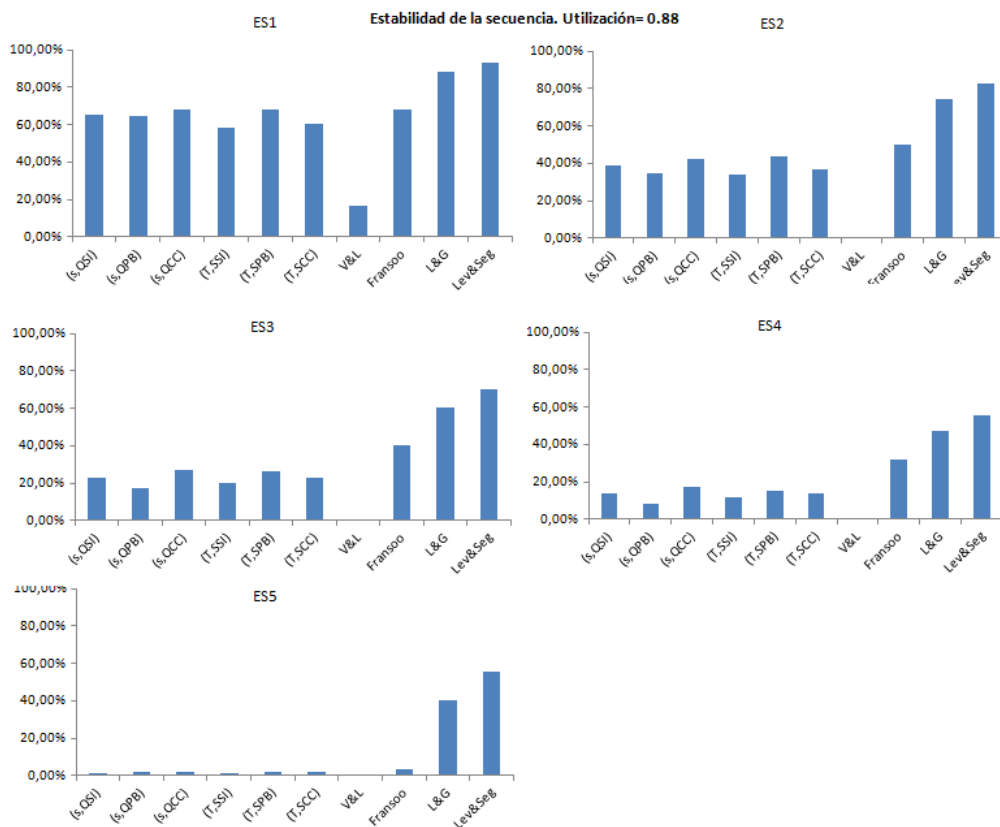


Figura 6.27. Desglose del coste total. Incertidumbre en la demanda  $CoV=0.3$  Data set 40 ítems

### 6.3.3 Estabilidad de la secuencia

Con respecto a la medida de rendimiento relativa a la estabilidad de la secuencia, el siguiente análisis se centra exclusivamente en el efecto del incremento del número de ítems, puesto que analizando individualmente cada data set se comprueba que cumplen los resultados descritos en los en 6.2.3. Por un lado, existen grandes diferencias para esta medida de rendimiento muy importantes según la heurística. La Heur10 sigue teniendo un rendimiento considerablemente mejor que el resto por los motivos ya descritos. Y por otro, para un mismo data set, la estabilidad de la secuencia aumenta a mayores ratios de utilización.

Por otro lado este experimento permite evaluar el efecto del incremento del número de ítems respecto a la estabilidad de la secuencia. La Figura 6.28, muestra la estabilidad de la secuencia para el Data Set A40 bajo un ratio de utilización de 0.88. De la comparación de estos valores con los mostrados en la Figura 6.8, que representa el mismo escenario bajo el data set de Bomberger, se desprende que el ratio de estabilidad empeora para todas las heurísticas. Para mejorar la claridad en la exposición de las conclusiones, sin pérdida de generalidad, se muestran únicamente los datos para el data set A40. Esto ocurre para todos los data set como se refleja en los datos mostrados en el apéndice. Así, el incremento del número de ítems tiene un efecto directo sobre la estabilidad de la secuencia, empeorándola en todos los casos y a todos los niveles de profundidad de la secuencia para las heurísticas analizadas.



**Figura 6.28.** Estabilidad de la secuencia hasta ES=1, 2, 3, 4, 5 ítems. Utilización 0.88. Data set 40 ítems

Por otro lado, la Figura 6.29 muestra para cada heurística los valores de estabilidad de la secuencia a los 5 niveles de profundidad estudiados, en función del ratio de utilización. De nuevo se muestran únicamente los datos para el Data set A40, aunque esto no implica pérdida de generalidad en la conclusión extraída. Como se aprecia en la figura, igual que ocurría con el data set de Bomberger, las heurísticas mejoran su ratio de estabilidad de la secuencia al incrementar la utilización, aunque moderan esta mejora conforme se acercan a su nivel de saturación. La explicación a esto radica en el hecho de que el espacio de tiempo que abarca una secuencia de 5 lotes es mayor cuanto menor es la utilización. Por tanto, en un mayor espacio de tiempo sujeto a variabilidad en la demanda se dan mayores variaciones en la demanda prevista en ese periodo, con el consiguiente efecto sobre la secuencia prevista. En cambio, cuando la utilización es mayor, el periodo de tiempo en el que se lanzan los cinco lotes es muy corto, implicando pocos períodos de demanda y por tanto pequeñas variaciones sobre lo previsto. Sin embargo, cuando el nivel de utilización es tan elevado que el procedimiento heurístico no es capaz de secuenciar correctamente y surgen ventas perdidas, el efecto de mejora sobre la estabilidad de la secuencia se modera.

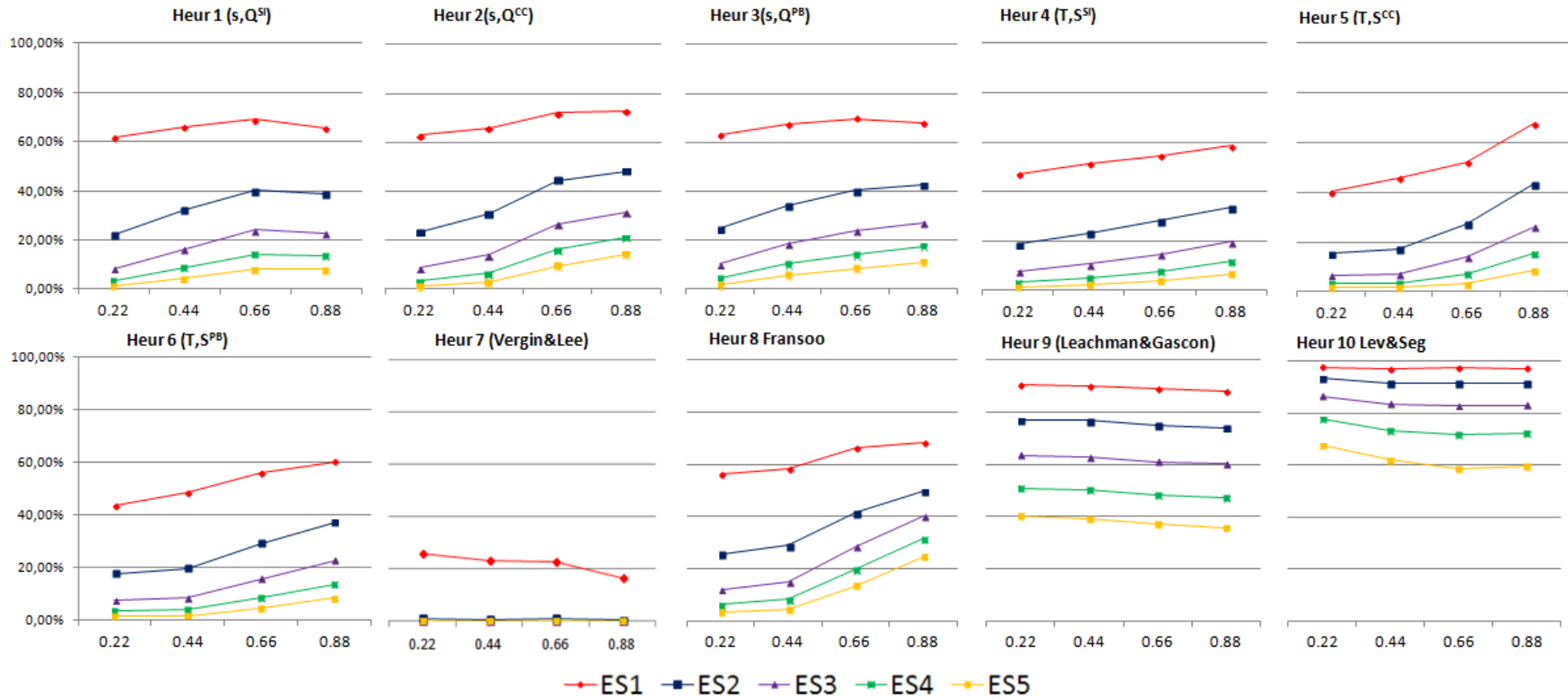


Figura 6.29. Análisis por heurística de la estabilidad de la secuencia hasta ES=1, 2, 3, 4, 5 ítems respecto a la utilización. CoV=0.3. Data Set A40

## 6.4 Driver Homogeneidad de la demanda

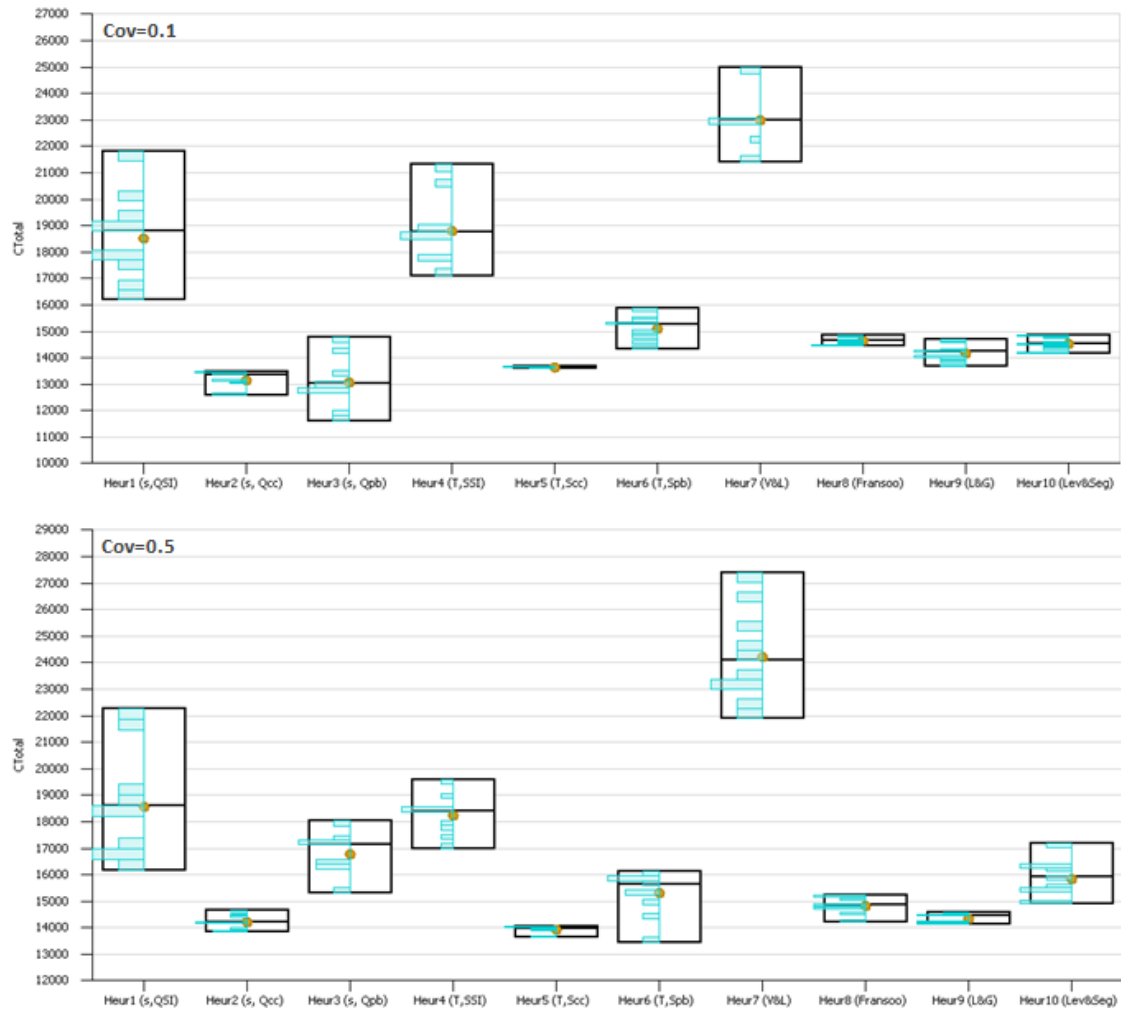
Tal como se describía en el capítulo 5, el experimento E3 consiste en el análisis del comportamiento de las 10 heurísticas definidas, para 4 diferentes data sets basados en el data set de Bomberger original, cada uno de ellos con diferente patrón de homogeneidad en los ratios de demanda, y bajo diferentes condiciones de utilización y grados de incertidumbre en la demanda, como se muestra en la Tabla 6.6. Estos valores de los parámetros del experimento definen un total de 624 escenarios. Este experimento añade por tanto cuatro nuevos data sets con diferente distribución de ratios de demanda por artículo sobre la base del experimento E1 y permite por tanto valorar la influencia de la homogeneidad en los ratios de demanda de los artículos sobre las variables del problema.

**Tabla 6.6** Escenarios experimento E3

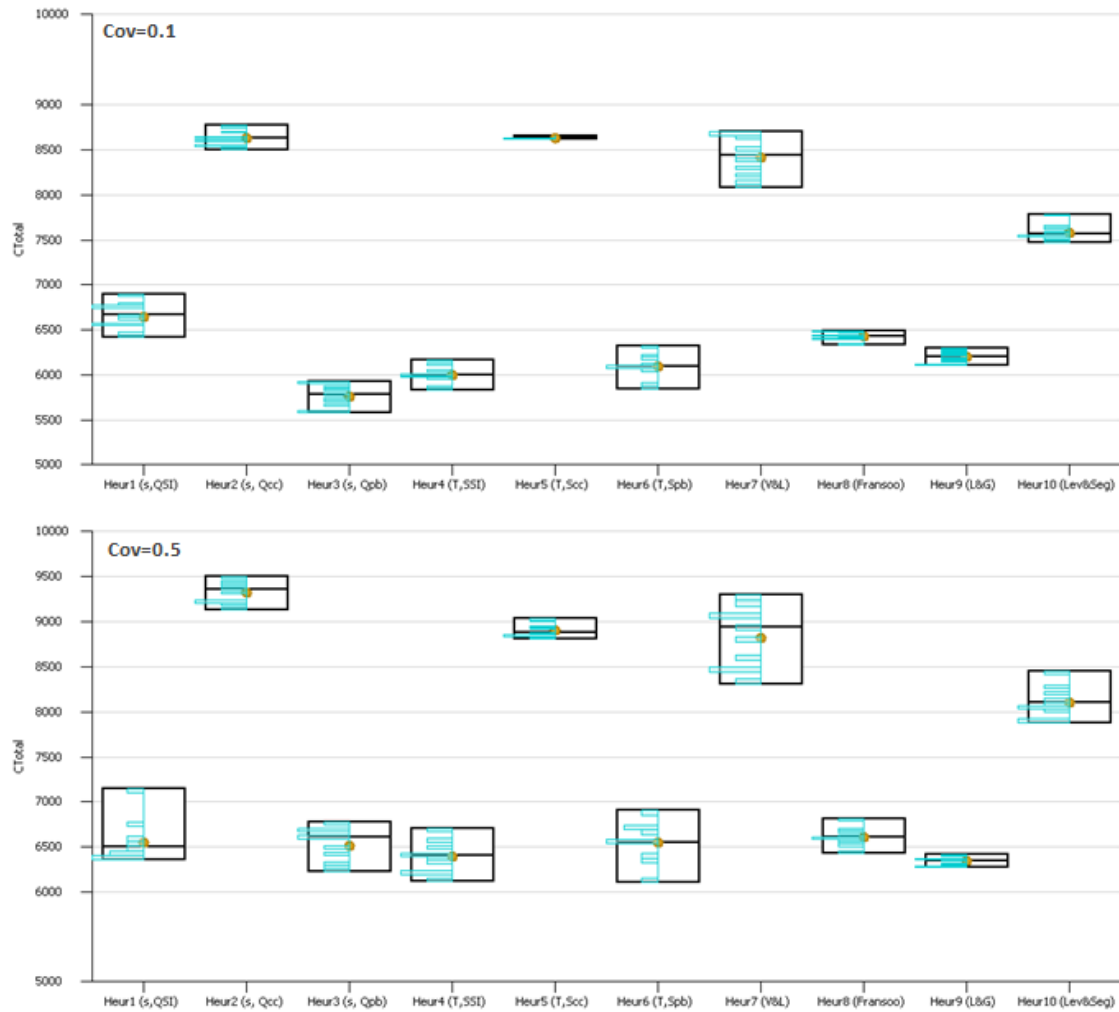
<b>Experimento</b>	
<b>Escenarios Entorno producción</b>	<b>E3</b>
<b>Heurística</b>	<b>13</b>
Valores (HEUR1, HEUR2, HEUR3, HEUR1p, HEUR2p, HEUR3p, HEUR4, HEUR5, HEUR6, HEUR7, HEUR8, HEUR9, HEUR10)	
<b>Ratio de Utilización</b>	<b>4</b>
Valores pi (0.22, 0.44, 0.66, 0.88)	
<b>Coefficiente de variación demanda</b>	<b>3</b>
Valores CoV (0.1, 0.3, 0.5)	
<b>Escenarios Data Sets</b>	
<b>Variante Homogeneidad Ratios de Demanda</b>	<b>4</b>
	HD1, HD2, HD3, HD4
<b>Escenarios Inventarios iniciales</b>	<b>1</b>
	100%
<b>Número total de escenarios del experimento</b>	<b>624</b>

### 6.4.1 Análisis estadístico de los resultados

Las Figura 6.30 y Figura 6.31 muestran de nuevo a través del gráfico SMORE, la distribución de los resultados en el conjunto de repeticiones para cada heurística. Las figuras representan la dispersión de rendimiento de las heurísticas, considerando exclusivamente el coste total, únicamente para el caso con utilización 0.88, y los data sets HD1 y HD4 respectivamente. De nuevo en este caso, se aprecia claramente cómo existe una mayor dispersión de los resultados para las instancias con mayor grado de incertidumbre de la demanda. Por claridad en la exposición, la figura representa únicamente la dispersión de rendimiento de las heurísticas, considerando exclusivamente el coste total, para el caso con utilización 0.88 para los data sets HD1 y HD4. El razonamiento es análogo para el resultado con utilizaciones de 0.22, 0.44 y 0.66. Para el resto de data sets la conclusión es la misma, como se puede comprobar a partir de los datos del apéndice.



**Figura 6.30.** Variabilidad de los del coste total. Utilización=0.88; CoV=0.1; 0.5. Data Set HD1



**Figura 6.31.** Variabilidad de los del coste total. Utilización=0.88; CoV=0.1; 0.5. Data Set HD4

### 6.4.2 Comportamiento de los costes totales

El rendimiento de los costes totales, para cada uno de los data set se muestra en la Figura 6.32. En la figura se representa el coste para 5 data sets diferentes, cada uno de ellos con un número patrón diferente de homogeneidad en la demanda. Los datas sets considerados son HD1, HD2, HD3, HD4, además del data set original de Bomberger, descritos en el capítulo 5. Sin pérdida de generalidad en las conclusiones, para mejorar la claridad en la exposición del análisis, se muestran únicamente los resultados únicamente para un coeficiente de variación de la demanda CoV 0.3. El resto de resultados del experimento se muestran en tabulados en el apéndice.

Las conclusiones que se pueden extraer de la observación de la Figura 6.32, se pueden estructurar siguiendo el mismo criterio que en la sección 6.3.2, para los costes en función del *driver* número de ítems.



Así, observando cada data set en particular, se aprecia el efecto ya habitual de que la utilización condiciona el rendimiento relativo de las heurísticas, de manera que las heurísticas con buen rendimiento a un nivel de utilización dejan de ser las mejores a mayor utilización.

De la comparación de este efecto en cada data set se extrae una conclusión similar a la extraída para el *driver* de complejidad número de ítems. Se observa cómo el nivel de utilización al que cada heurística entra en saturación es diferente en función del data set y por ello de la homogeneidad de los ratios de demanda de los artículos. De nuevo se trata de una conclusión muy relevante por sus consecuencias en entornos industriales. Esta circunstancia implica que una modificación en la distribución en las demandas de los artículos puede provocar que el sistema de decisión para la programación de la producción deje de ser eficaz, aun manteniendo el mismo nivel de uso en la instalación. Como se observa en la figura, las heurísticas tiene un comportamiento similar en cada caso para los data sets Bomberger, HD1 y HD2 donde las heurísticas basadas en tiempos de ciclo SI y PB caen drásticamente a partir de la utilización 0.66. En cambio para los data sets HD3 y especialmente HD4, con gran heterogeneidad y demanda muy concentrada en pocas referencias, no ocurre lo mismo.

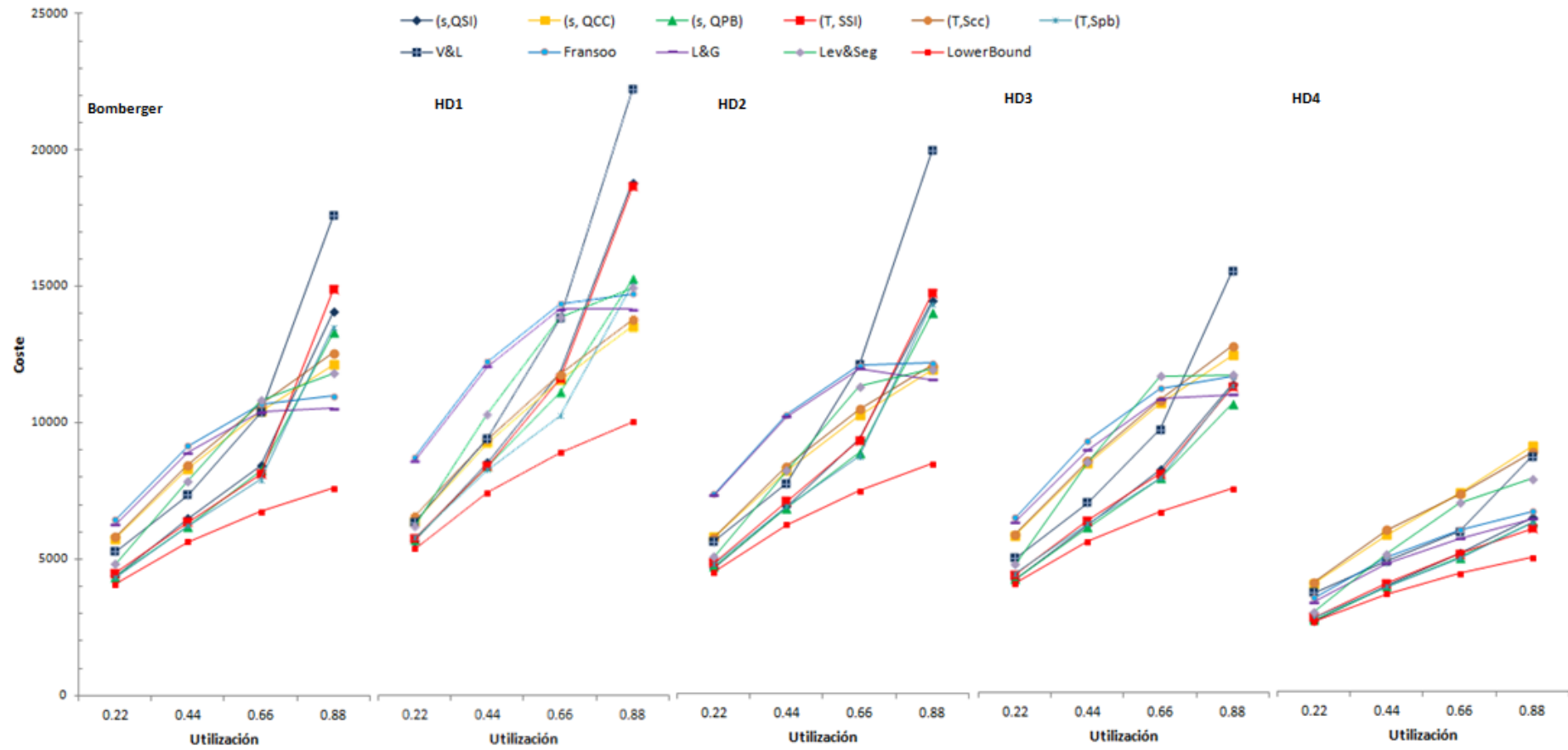


Figura 6.32. Comportamiento del coste total frente al nivel de utilización. Demanda  $CoV=0.3$ .

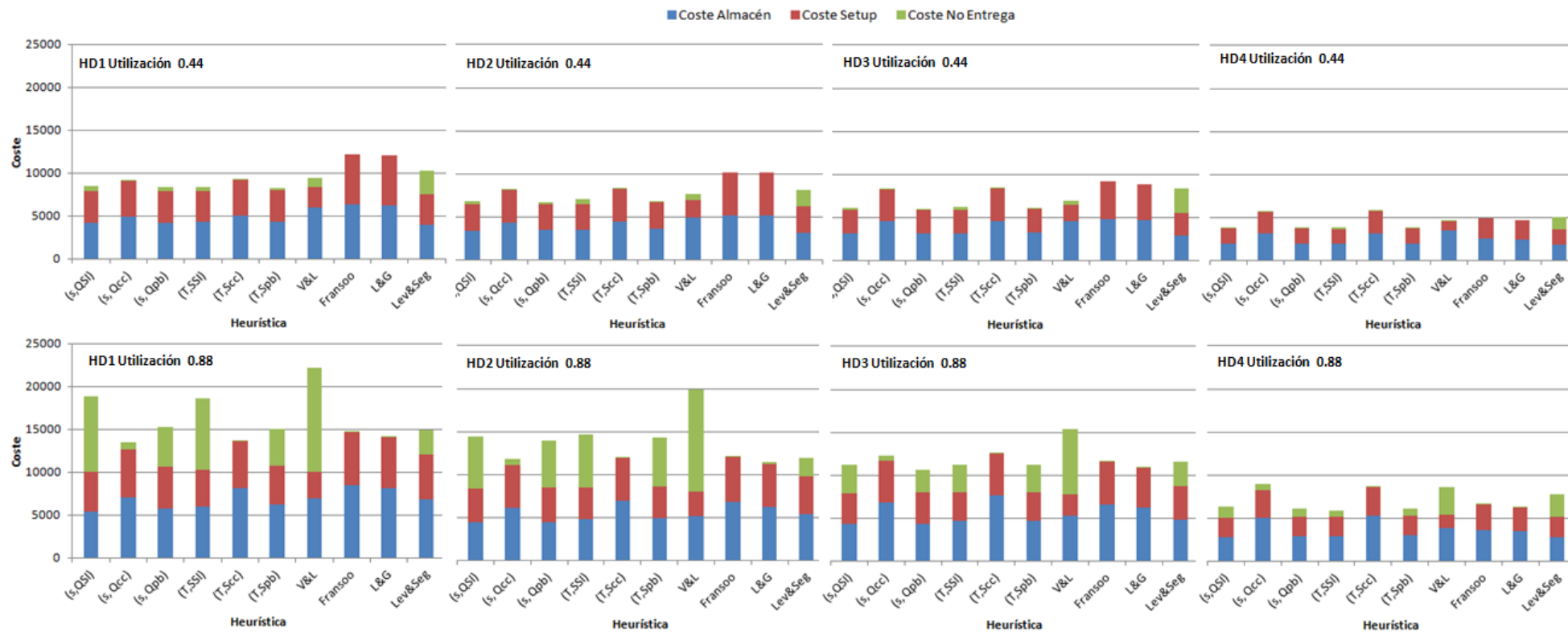
Data sets homogeneidad de la demanda Bomberger, HD1, HD2, HD3, HD4

Especialmente en HD4, prácticamente no se producen cambios en la posición relativa de rendimiento en cuanto a costes de las diferentes heurísticas. Únicamente las heurísticas Heur7 (Vergin & Lee) y Heur10 (Leven & Segersted), tienen una caída de posición respecto al resto. Con ambas heurísticas este patrón se repite para cada data set, en la mayoría de los casos a utilizaciones menores. Esto sugiere la conclusión de que los data set más descompensados, con muy pocos artículos concentrando la mayor parte de la demanda, son más sencillos de secuenciar, lo que permite que las heurísticas mantengan sus rendimientos relativos a mayores niveles de utilización. Es decir en este contexto productivo aumenta de utilización al cual las heurísticas entran en saturación.

El detalle de esta conclusión se confirma de la observación de la Figura 6.33. La figura muestra el desglose de los costes totales en costes de *setup*, costes de almacenamiento y costes de demanda perdida para las 10 heurísticas. De nuevo por claridad en el análisis, sin pérdida de generalidad en las conclusiones, se muestran únicamente resultados para dos ratios de utilización (0.44 y 0.88) y un único rango de incertidumbre en la demanda (CoV=0.3).

Como se apreciaba en la Figura 6.3, al nivel de utilización de 0.88, para el data set de Bomberger, las únicas heurísticas que mantienen un buen comportamiento son las heurísticas Heur5 (T, S<sup>CC</sup>), Heur8 (Fransoo) y Heur9 (Leachman & Gascon), en las que el coste por demanda no satisfecha se mantiene bajo. Con los nuevos data sets del experimento E3, este efecto se mantiene para los data set HD1 y HD2, con patrones de ratios demanda similares al de Bomberger.

En cambio, para los data sets HD3 y HD4, con la demanda mucho más concentrada en pocos artículos se aprecia como el coste de demanda no satisfecha es mucho menor porcentualmente para casi todas las heurísticas. Es decir, el problema de secuenciación es, en esta situación de alta concentración de demanda, menos importante para casi todas las heurísticas. En estas circunstancias la resolución del problema de lotificación mediante tiempos de ciclo cercanos al óptimo, con bajos costes de almacenamiento y lanzamiento, conduce a un buen rendimiento de costes.

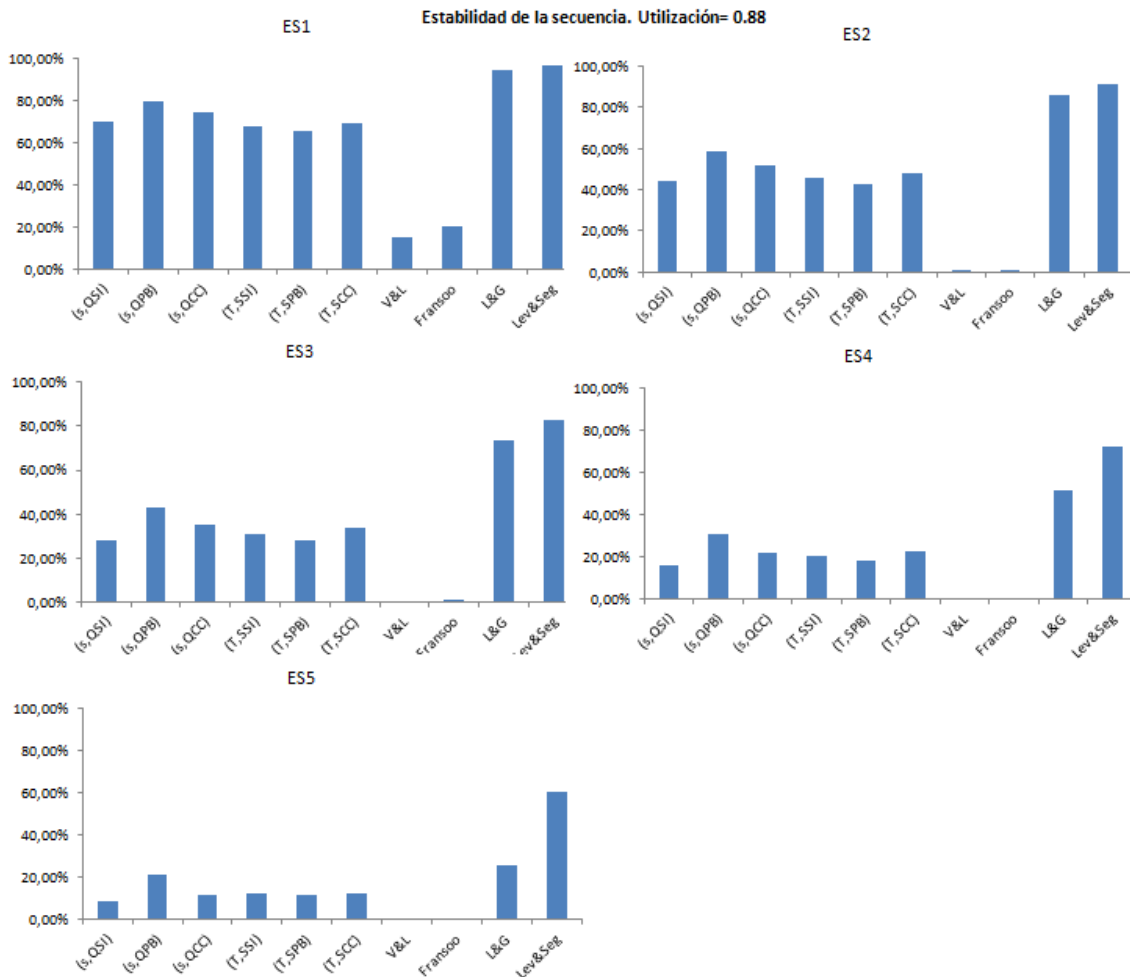


**Figura 6.33.** Desglose del coste total. Incertidumbre en la demanda  $CoV = 0.3$ . Utilización 0.44, 0.88  
Data sets HD1, HD2, HD3, HD4

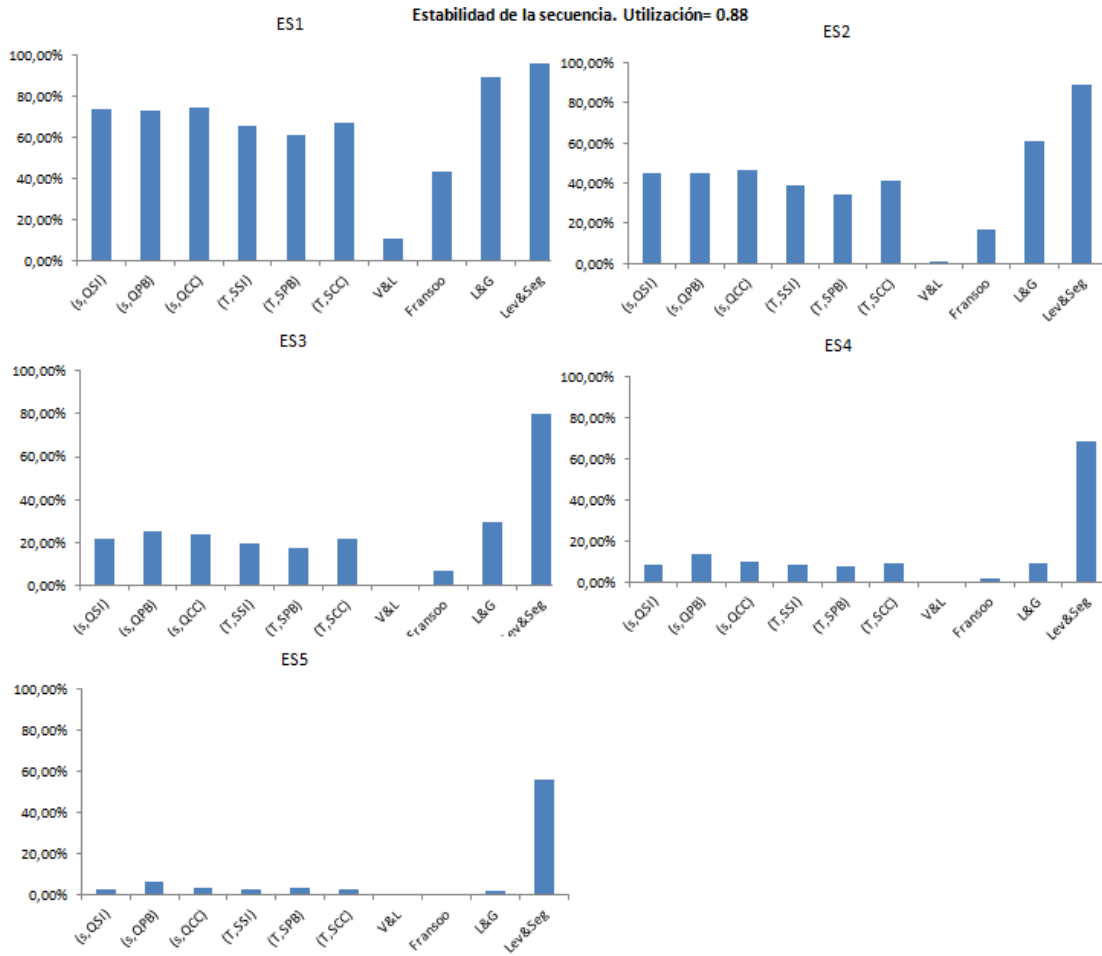
### 6.4.3 Estabilidad de la secuencia

En este apartado se analiza el efecto de la homogeneidad en los ratios de demanda del data set sobre a la estabilidad de la secuencia. Una vez más, analizando individualmente cada data set se comprueba que cumplen los resultados descritos en los en 6.2.3. Por un lado, existen grandes diferencias para esta medida de rendimiento muy importantes según la heurística. La Heur10 sigue teniendo un rendimiento considerablemente mejor que el resto por los motivos ya descritos.

Con respecto al efecto de la homogeneidad de los ratios de demanda del data set sobre esta medida, a continuación se muestran los rendimientos para los data set HD1 y HD4, a ratio de utilización de 0.88 (Figura 6.34 y Figura 6.35). De nuevo se muestran únicamente los datos para dos de los data sets y un único ratio de utilización por claridad en la exposición del análisis, cuyas conclusiones son las mismas para el resto de resultados del experimento, según los datos mostrados en el apéndice.



**Figura 6.34.** Estabilidad de la secuencia hasta ES=1, 2, 3, 4, 5 ítems. Utilización 0.88 Data set HD1



**Figura 6.35.** Estabilidad de la secuencia hasta ES=1, 2, 3, 4, 5 ítems. Utilización 0.88 Data set HD4

De la observación de ambas figuras, para los data set HD1 y HD4 y su comparación con la Figura 6.28 para el data set de Bomberger, es posible extraer la conclusión de que la secuencia es sensiblemente menos estable, especialmente a mayores niveles de profundidad, para el data set con fuerte heterogeneidad HD4. Con este resultado se da una de las circunstancias anticipadas por Winands et al. (2011) y descritas en la introducción de esta tesis. Los autores introducen en las conclusiones de su trabajo la necesidad de abordar un importante estudio de simulación que compare el comportamiento de diferentes procedimientos heurísticos entre sí. Argumentaban que uno de los inconvenientes de este estudio es el hecho probable de que algunas heurísticas tengan mejor rendimiento que otras respecto a un determinado medible pero peor respecto a otro, lo que dificultaría una caracterización general. Este es el caso en un entorno de alta heterogeneidad de los ratios de demanda. En estas condiciones el data set es más fácil de secuenciar, y la mayoría de las heurísticas mantienen buenos rendimientos de coste incluso a altos niveles de utilización (Figura 6.32). En cambio, la estabilidad de la secuencia es menor con este tipo de data set respecto a data set con demandas más homogéneas para los diferentes artículos.

Por lo que respecta al comportamiento de la estabilidad de la secuencia a cada nivel de profundidad para cada una de las heurísticas en función de la utilización, las figuras

Figura 6.36 y Figura 6.37 muestran el valor de esta medida de rendimiento para los data set HD1 y HD4.

El comportamiento de este indicador a diferentes niveles de utilización es similar para todas las heurísticas. Se observa de nuevo el efecto ya mencionado de que la estabilidad mejora con la utilización del sistema, y no se aprecian diferencias sustanciales en el patrón de esta mejoría en función del data set, y por tanto en función de la homogeneidad de la demanda. Únicamente para la heurística Heur8 (Fransoo) se aprecia un comportamiento mejor con el data set más heterogéneo, el cual además mejora con la utilización, al contrario de lo que ocurría para esta heurística con el data set HD1.

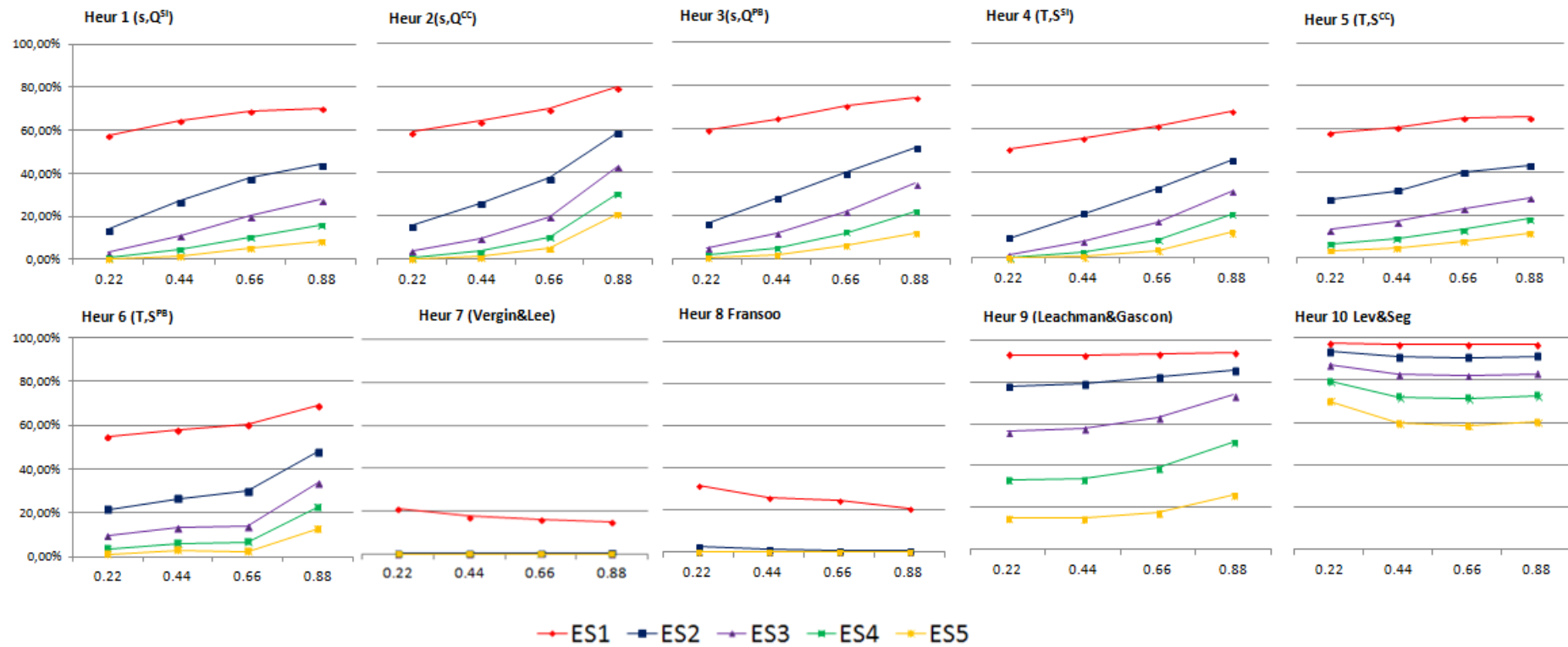


Figura 6.36. Análisis por heurística de la estabilidad de la secuencia hasta ES=1, 2, 3, 4, 5 ítems respecto a la utilización. CoV=0.3. Data Set HD1



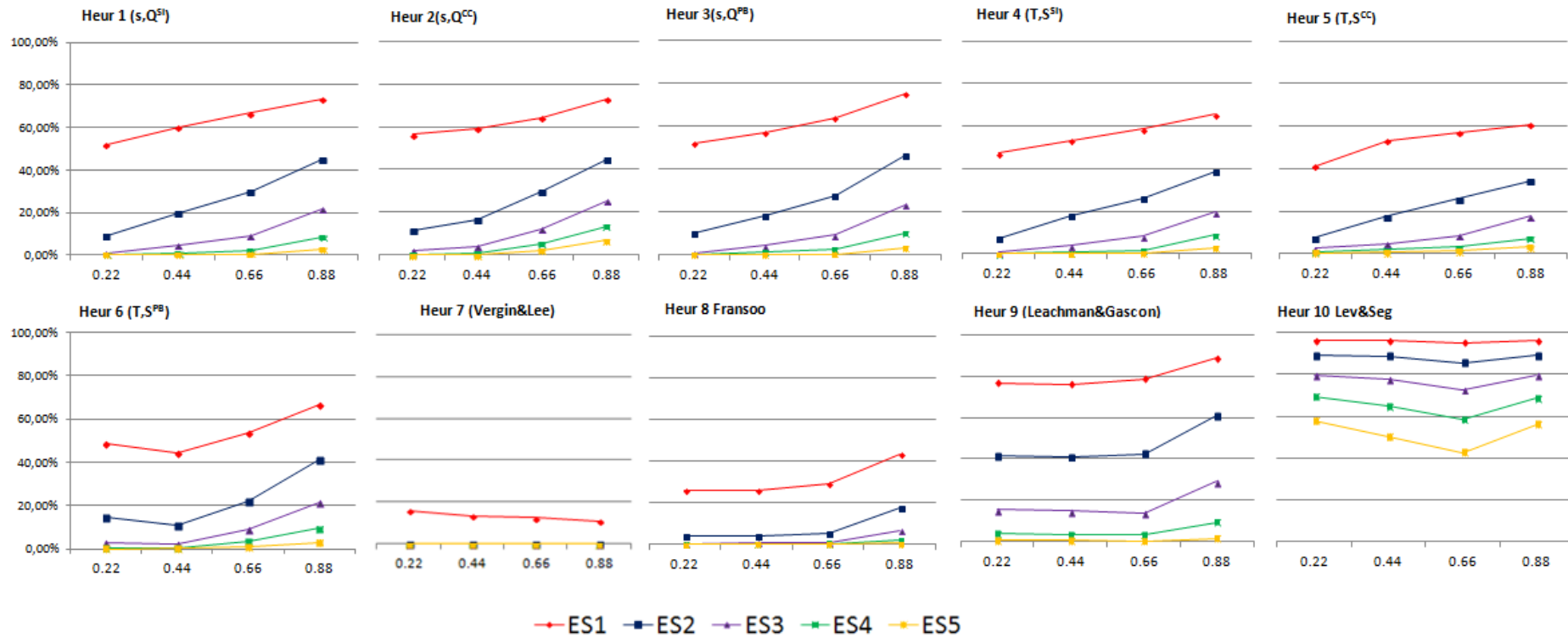


Figura 6.37. Análisis por heurística de la estabilidad de la secuencia hasta ES=1, 2, 3, 4, 5 ítems respecto a la utilización. CoV=0.3. Data Set HD4

### 6.5 Driver Dimensionalidad del Data set

Tal como se describía en el capítulo 6, el experimento E4 consiste en el análisis del comportamiento de las 10 heurísticas definidas, para 4 diferentes data sets basados en el data set de Bomberger original, cada uno de ellos con diferente patrón de dimensionalidad en función de los ratios de utilización individuales, y bajo diferentes condiciones de utilización y grados de incertidumbre en la demanda, como se muestra en la Tabla 6.7. Estos valores de los parámetros del experimento definen un total de 624 escenarios. Este experimento añade por tanto cuatro nuevos data sets con diferente distribución de ratios de utilización por artículo sobre la base del experimento E1 y permite por tanto valorar la influencia de la homogeneidad en los ratios de utilización, y por tanto la dimensionalidad de los artículos sobre las variables del problema.

**Tabla 6.7** Escenarios experimento E4

<b>Experimento</b>	
<b>E4</b>	
<b>Escenarios Entorno producción</b>	
<b>Heurística</b>	<b>13</b>
Valores (HEUR1, HEUR2, HEUR3, HEUR1p, HEUR2p, HEUR3p, HEUR4, HEUR5, HEUR6, HEUR7, HEUR8, HEUR9, HEUR10)	
<b>Ratio de Utilización</b>	<b>4</b>
Valores $\rho_i$ (0.22, 0.44, 0.66, 0.88)	
<b>Coefficiente de variación demanda</b>	<b>3</b>
Valores CoV (0.1, 0.3, 0.5)	
<b>Escenarios Data Sets</b>	
<b>Variante Dimensionalidad de Artículos (Ratios utilización)</b>	<b>4</b>
	HU1, HU2, HU3, HU4
<b>Escenarios Inventarios iniciales</b>	
	<b>1</b>
	100%
<b>Número total de escenarios del experimento</b>	<b>624</b>

#### 6.5.1 Análisis estadístico de los resultados

La Figura 6.38 y Figura 6.39 muestran de nuevo a través del gráfico SMORE, la distribución de los resultados en el conjunto de repeticiones para cada heurística. Las figuras representan únicamente la dispersión de rendimiento de las heurísticas, considerando exclusivamente el coste total, para el caso con utilización 0.88, bajo los coeficientes de variación de la demanda 0.1 y 0.5, con el data set HU1 y HU4. En ambas figuras, y por tanto para ambos data sets, al igual que para el data set de 10 ítems, se sigue apreciando una mayor dispersión de los resultados para la mayoría de las heurísticas en las instancias con mayor grado de incertidumbre de la demanda. Por claridad en la exposición, la figura representa únicamente la dispersión de rendimiento de las heurísticas, considerando exclusivamente el coste total, para el caso con utilización 0.88 para los data sets HU1 y HU4. El razonamiento es análogo para el resultado con utilizations de 0.22, 0.44 y 0.66.

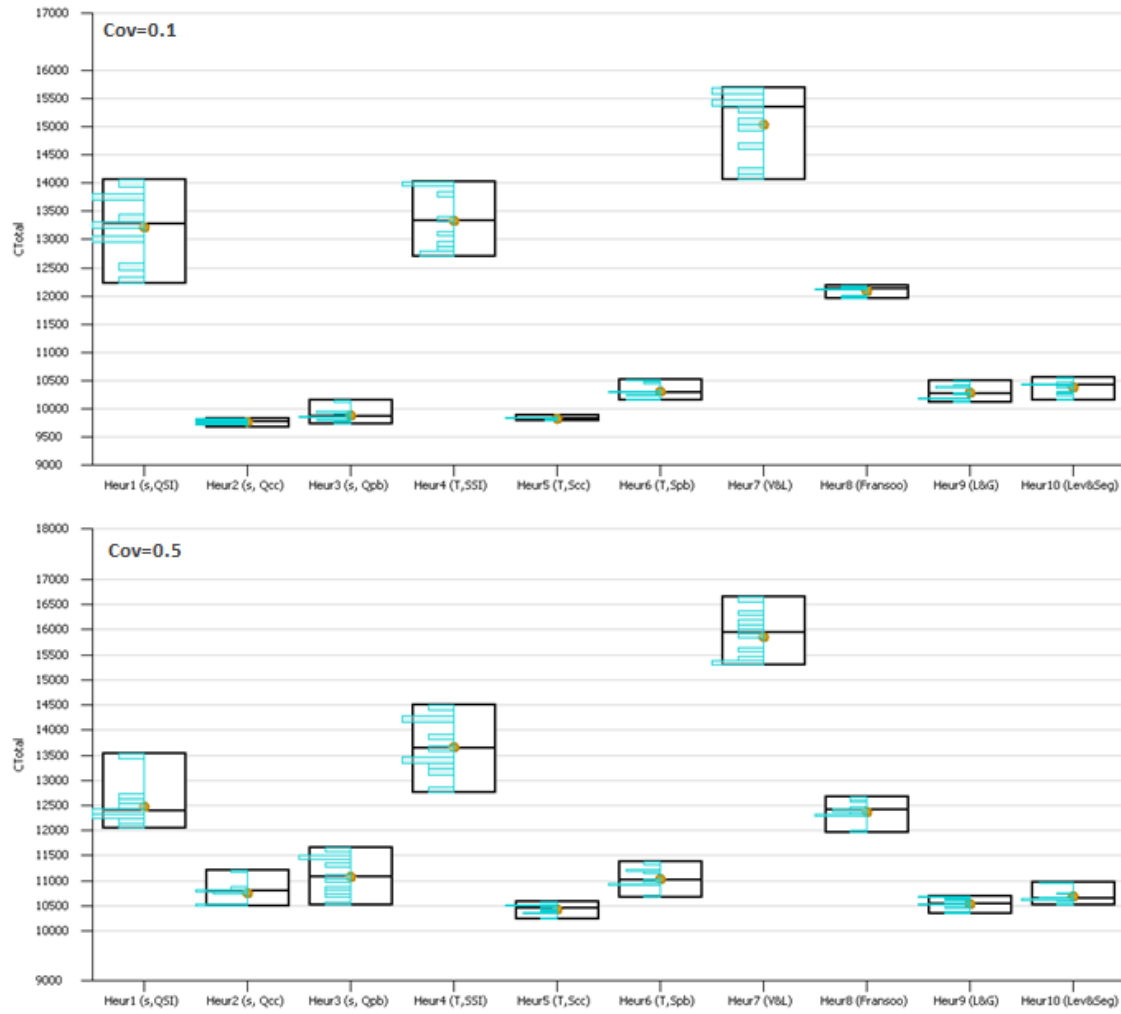


Figura 6.38. Variabilidad de los del coste total. Utilización=0.88; CoV=0.1; 0.5. Data Set HU1

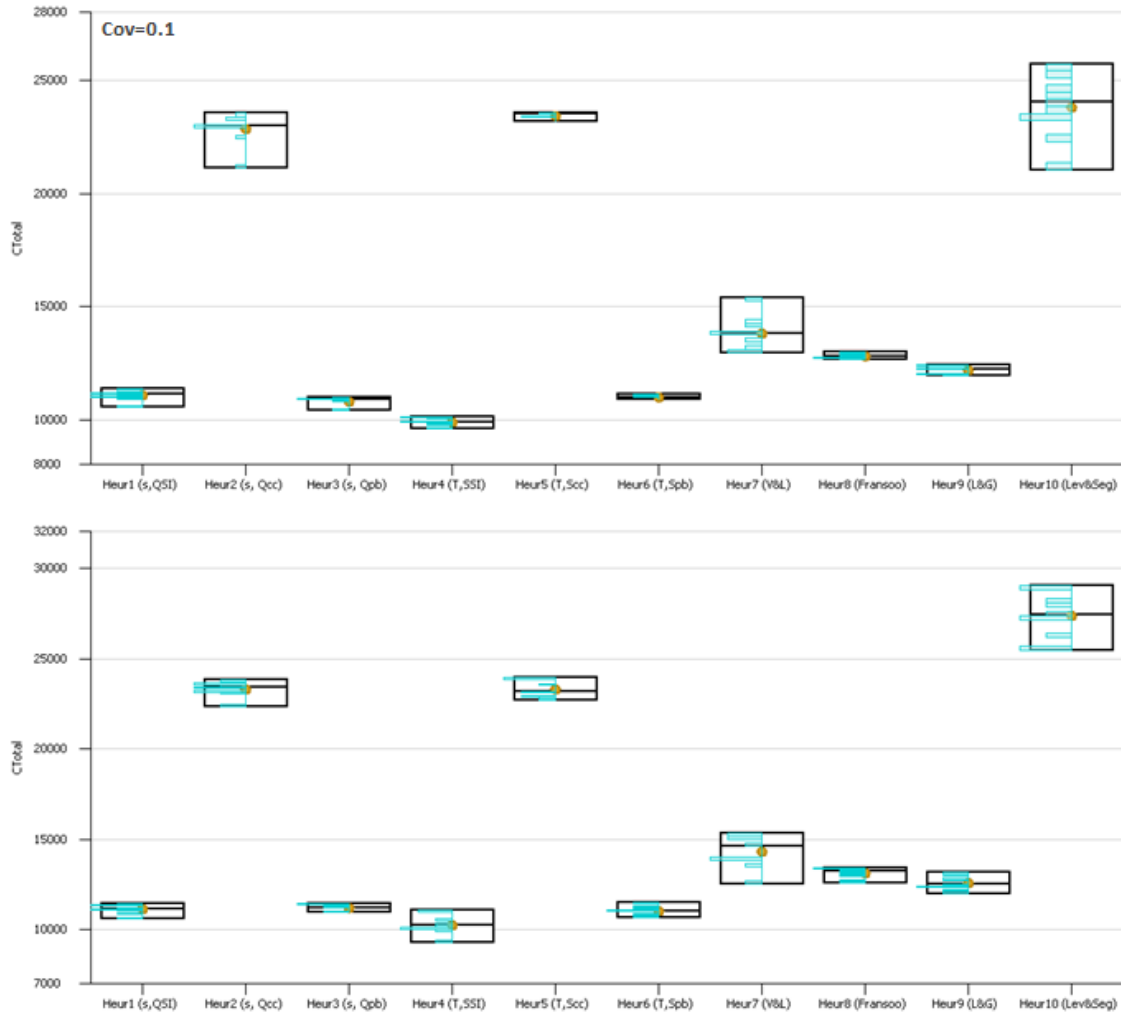


Figura 6.39. Variabilidad de del coste total. Utilización=0.88; CoV=0.1; 0.5. Data Set HU4

### 6.5.2 Comportamiento de los costes totales

El rendimiento de los costes totales, para cada uno de los data set, se muestra en la Figura 6.40. En la figura se representa el coste para 5 data sets diferentes, cada uno de ellos con un número patrón diferente de homogeneidad en los ratios de utilización. Los datas sets considerados son HU1, HU2, HU3, HU4, además del data set original de Bomberger, descritos en el capítulo 5. Como en secciones anteriores, sin pérdida de generalidad en las conclusiones, para mejorar la claridad en la exposición del análisis, se muestran únicamente los resultados únicamente para un coeficiente de variación de la demanda CoV 0.3. El resto de resultados del experimento se muestran tabulados en el apéndice.

Como se introdujo en la sección 6.3.2, y en la sección 6.4.2 la Figura 6.40, permite identificar dos efectos. En primer lugar de nuevo se aprecia el hecho de que las heurísticas con buen rendimiento a un nivel de utilización dejan de ser las mejores a mayor utilización. En segundo lugar, se aprecia como de manera similar a como ocurría con los otros *drivers* de complejidad analizados, el patrón de comportamiento con el que cada heurística llega a su límite de saturación por encima del que su rendimiento empeora drásticamente es

diferente según el data set. Se trata de nuevo de una conclusión de gran importancia por sus consecuencias en entornos industriales. Esta conclusión implica de manera similar a como se indicó en 6.4.2 , que cualquier alteración en el mix de productos, aunque no altere la utilización global de la planta puede acarrear como consecuencia el que una regla de decisión para la programación de la producción empeore drásticamente su rendimiento.

En concreto, para los data sets analizados, en los tres primeros casos HU1, HU2 y HU3 el coste total de cada heurística sigue cualitativamente un patrón de relativa similitud a los observado hasta ahora. En él, las heurísticas basada en tiempos de ciclo SI y PB comienzan con buenos rendimientos a bajas utilizaciones, mientras que a altas su rendimiento empeora en contraste con lo que ocurre con las de CC. Por lo que respecta a las heurísticas con ajustes de los tiempos de ciclo Heur9 (Leachman & Gascon) y Heur10 (Leven & Segersted), tiene rendimientos menos uniformes, pero en general presentan buen comportamiento a altas utilizaciones. Sin embargo en este experimento en el que se contrastan situaciones de muy alta heterogeneidad en los ratios de utilización individuales para cada uno de los artículos, los resultados obtenidos son sustancialmente diferentes. Así, se observa como para el caso del data set HU4, con alta heterogeneidad en los ratios de utilización, y por tanto con uso de la planta altamente concentrado un unos pocos productos, el comportamiento de las heurísticas varía considerablemente lo que ocurría en el experimento E3.

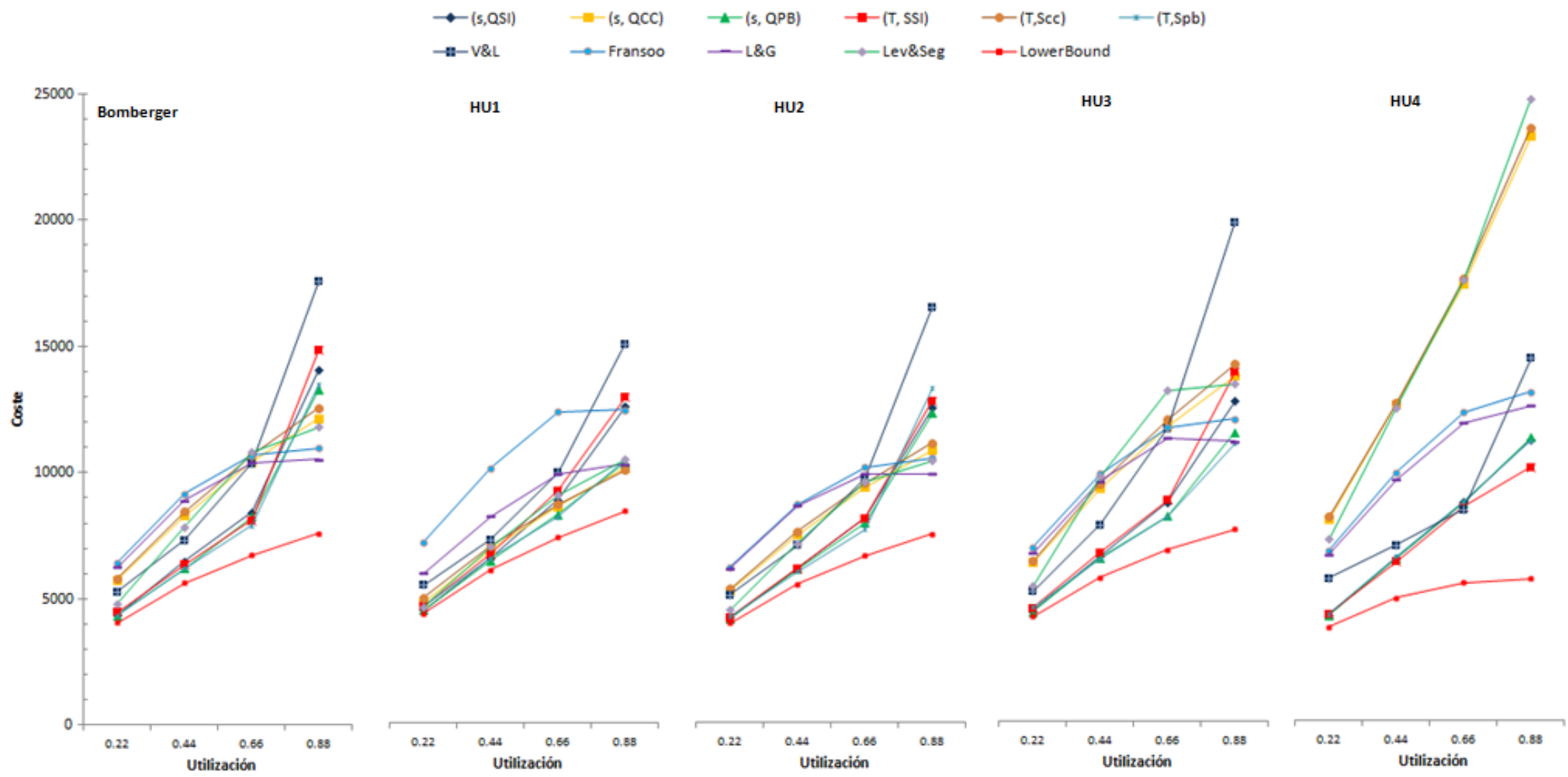


Figura 6.40. Comportamiento del coste total frente al nivel de utilización. Demanda  $CoV=0.3$ . Data sets homogeneidad de la demanda Bomberger, HU1, HU2, HU3, HU4

Las heurísticas clásicas para el EOQ con tiempos de ciclo SI y PB, Heur1 (s,  $Q^{SI}$ ), Heur3 (s,  $Q^{PB}$ ), Heur4 (T,  $S^{SI}$ ) Heur6 (T,  $S^{PB}$ ) se mantienen como las de mejor rendimiento, incluso a alta utilización. Sin embargo, las heurísticas basadas en CC Heur2 (s,  $Q^{CC}$ ) y Heur5 (T,  $S^{CC}$ ), además de la Heur10 (Leven & Segersted) con SI y tempos de ciclo ajustados, tiene un rendimiento considerablemente peor que el resto, aún a bajo nivel de utilización. En este caso particular, las dos heurísticas de CC se ven obligadas a trabajar con un tiempo de ciclo que resulta en un alto nivel de inventario del artículo 8, que es el artículo que mayor cantidad de uso de planta asume, según se muestra en la Tabla 5.6. Este efecto se muestra en el alto coste de inventario de estas dos heurísticas, tal como muestra la Figura 6.41. La figura representa el desglose de costes de cada una de las heurísticas a dos niveles de utilización (0.44 y 0.88). Respecto a la heurística Heur10 (Leven & Segersted) ante el alto nivel de heterogeneidad en los ratios de utilización de HU4, no consigue evitar la aparición de un alto número de ventas perdidas, de nuevo del artículo 8, con una importante repercusión en los costes totales.

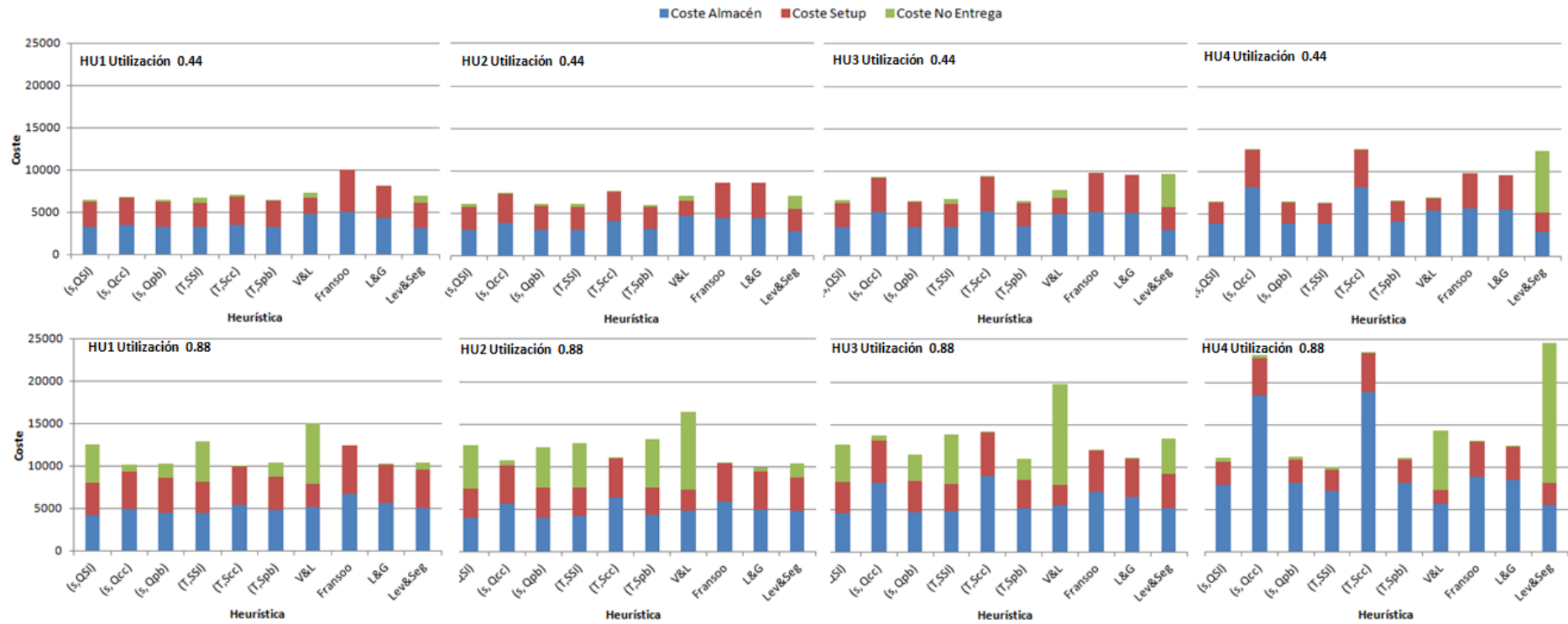


Figura 6.41. Desglose del coste total. Incertidumbre en la demanda  $CoV = 0.3$ . Utilización 0.44, 0.88 Data set HD1, HD2, HD3, HD4

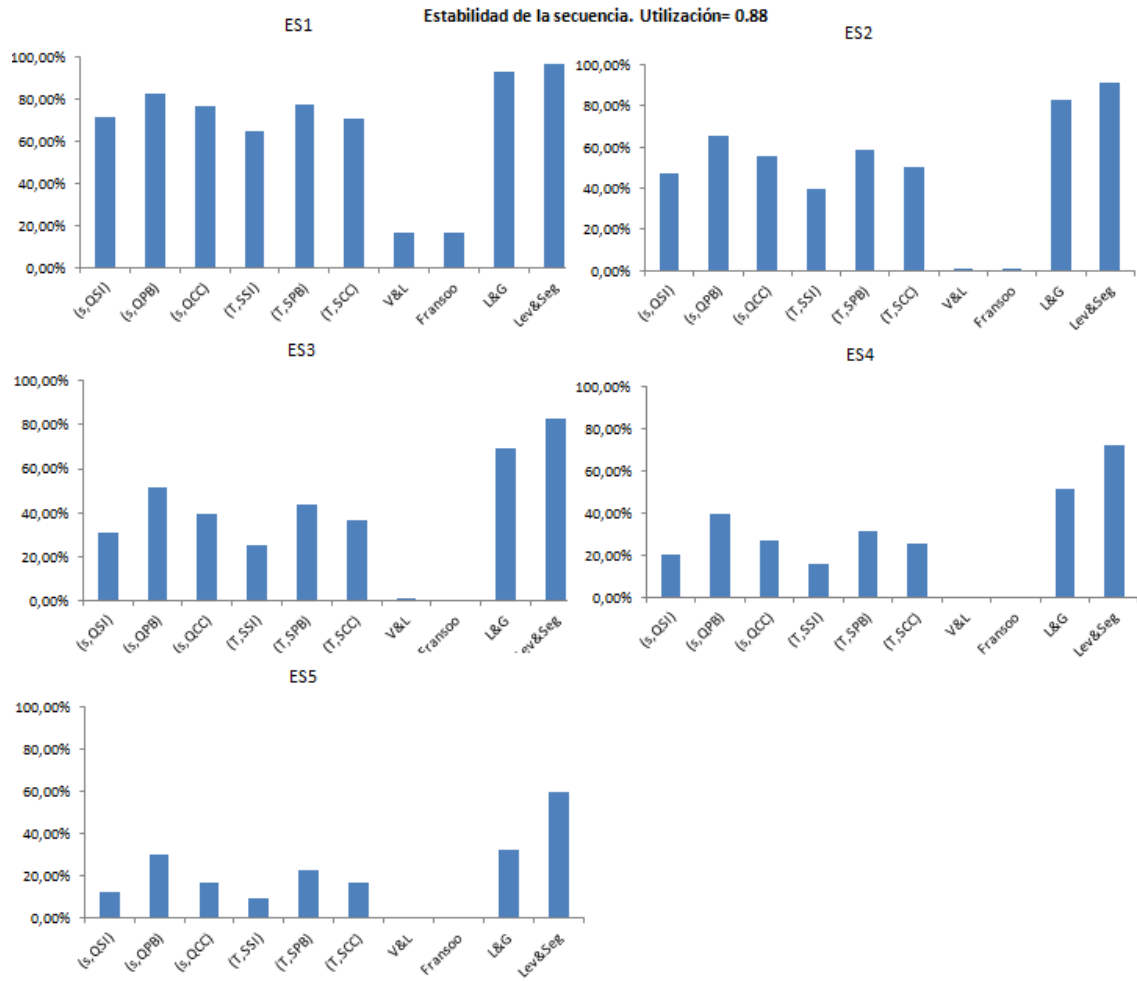


### 6.5.3 Estabilidad de la secuencia

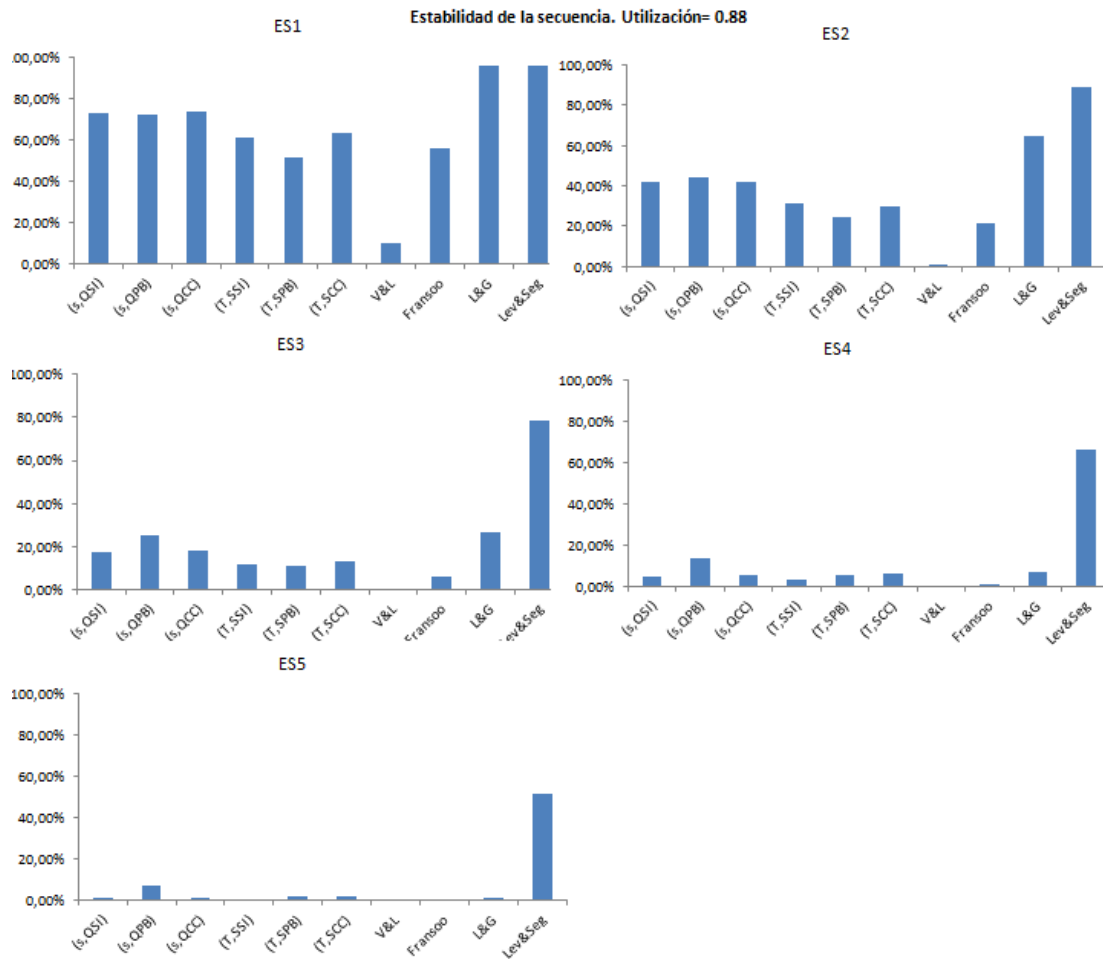
En esta sección se analiza el efecto de la dimensionalidad del data set sobre la medida de rendimiento planteada para la estabilidad de la secuencia. Una vez más, analizando individualmente cada data set se comprueba que cumplen los resultados descritos en los en 6.2.3. Por un lado, existen grandes diferencias para esta medida de rendimiento muy importantes según la heurística. La Heur10 sigue teniendo un rendimiento considerablemente mejor que el resto por los motivos ya descritos.

Con respecto al efecto de la homogeneidad de los ratios de demanda del data set sobre esta medida, a continuación se muestran los rendimientos para los data set HD1 y HD4, a ratio de utilización de 0.88 (Figura 6.34 y Figura 6.35). De nuevo se muestran únicamente los datos para dos de los data sets y un único ratio de utilización por claridad en la exposición del análisis, cuyas conclusiones son similares para el resto de resultados del experimento, según los datos mostrados en el apéndice.

De la observación de ambas figuras, para los data set HU1 y HU4 y su comparación con la Figura 6.28 para el data set de Bomberger, es posible extraer la conclusión de que la secuencia es sensiblemente menos estable, especialmente a mayores niveles de profundidad, para el data set con fuerte heterogeneidad HU4.



**Figura 6.42.** Estabilidad de la secuencia hasta ES=1, 2, 3, 4, 5 ítems. Utilización 0.88 Data set HU1



**Figura 6.43.** Estabilidad de la secuencia hasta ES=1, 2, 3, 4, 5 ítems. Utilización 0.88 Data set HU4

En cuanto al comportamiento de la estabilidad de la secuencia a cada nivel de profundidad para cada una de las heurísticas en función de la utilización, las figuras Figura 6.44 y Figura 6.45 muestran el valor de esta medida de rendimiento para los data set HU1 y HU4.

El comportamiento de este indicador a diferentes niveles de utilización es similar para todas las heurísticas, con ambos data sets. Se observa de nuevo el efecto ya mencionado de que la estabilidad mejora con la utilización del sistema, y no se aprecian diferencias sustanciales en el patrón de esta mejoría en función del data set, y por tanto en función de la homogeneidad del ratio de utilización.

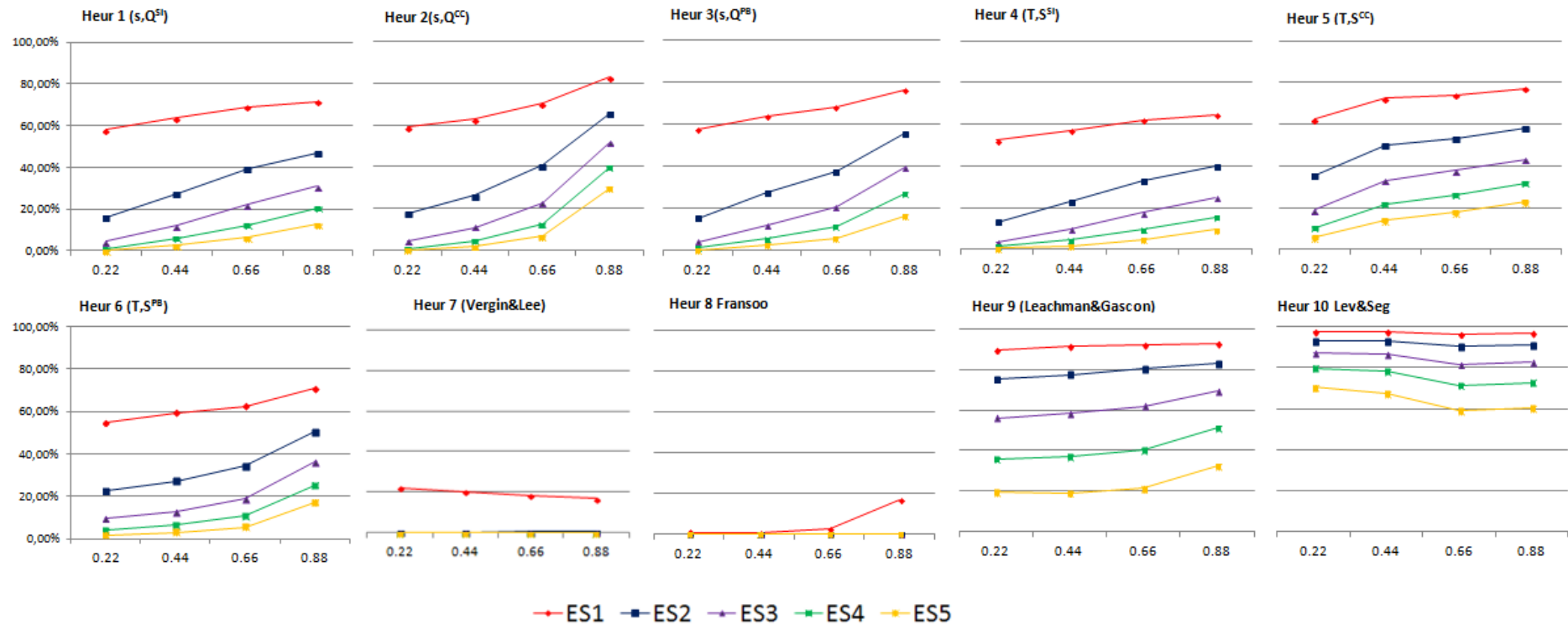


Figura 6.44. Análisis por heurística de la estabilidad de la secuencia hasta ES=1, 2, 3, 4, 5 ítems respecto a la utilización. CoV=0.3. Data Set HU1

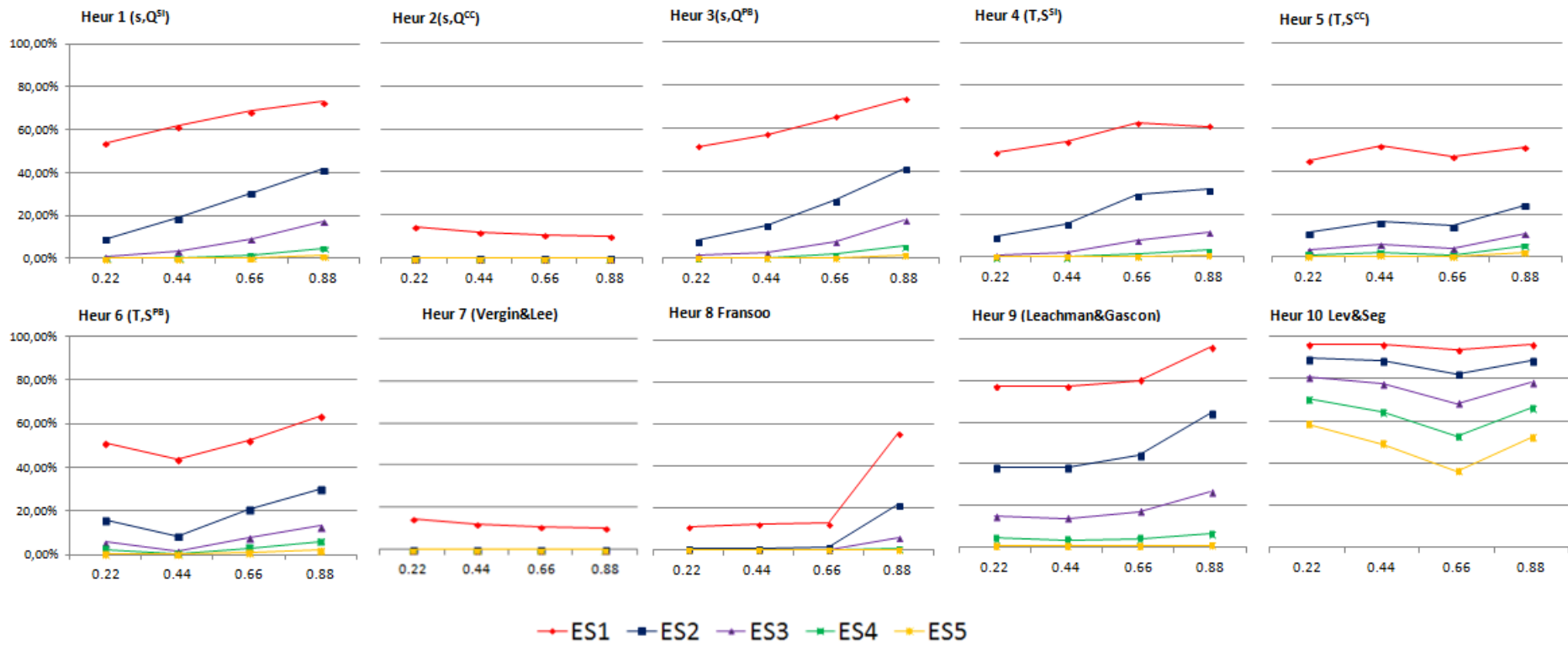


Figura 6.45. Análisis por heurística de la estabilidad de la secuencia hasta ES=1, 2, 3, 4, 5 ítems respecto a la utilización. CoV=0.3. Data Set HU4

## 6.6 Driver Homogeneidad del Data set

Tal como se describía en el capítulo 6, el experimento E5 consiste en el análisis del comportamiento de las 13 heurísticas definidas, para un único data set completamente homogéneo y bajo diferentes condiciones de utilización y grados de incertidumbre en la demanda, como se muestra en la Tabla 6.8. Estos valores de los parámetros del experimento definen un total de 156 escenarios. El análisis de los resultados de este experimento permite, a partir de su comparación con los resultados del experimento 1, verificar la importancia de la homogeneidad en las características de los productos sobre los rendimientos de las heurísticas.

**Tabla 6.8** Escenarios experimento E5

	<b>Experimento</b>
	<b>E5</b>
<b>Escenarios Entorno producción</b>	
<b>Heurística</b>	
Valores (HEUR1, HEUR2, HEUR3, HEUR1p, HEUR2p, HEUR3p, HEUR4, HEUR5, HEUR6, HEUR7, HEUR8, HEUR9, HEUR10)	<b>13</b>
<b>Ratio de Utilización</b>	
Valores $\rho_i$ (0.22, 0.44, 0.66, 0.88)	<b>4</b>
<b>Coefficiente de variación demanda</b>	
Valores CoV (0.1, 0.3, 0.5)	<b>3</b>
<b>Escenarios Data Sets</b>	
<b>Variante Homogeneidad Data set</b>	<b>1</b> HH1
<b>Escenarios Inventarios iniciales</b>	<b>1</b> 100%
<b>Número total de escenarios del experimento</b>	<b>156</b>

### 6.6.1 Análisis estadístico de los resultados

La Figura 6.46 muestra de nuevo, a través del gráfico SMORE, la distribución de los resultados en el conjunto de repeticiones para cada heurística. La figura representa únicamente la dispersión de rendimiento de las heurísticas, considerando exclusivamente el coste total, para el caso con utilización 0.88. Como se justifica en el siguiente apartado las tres primeras heurísticas tiene el mismo comportamiento, al igual que las heurísticas Heur4 (T, S<sup>SI</sup>), Heur5 (T, S<sup>CC</sup>) y Heur6 (T, S<sup>PB</sup>). Por otro lado, de nuevo en este caso, se aprecia claramente cómo existe una mayor dispersión de los resultados para las instancias con mayor grado de incertidumbre de la demanda. Por claridad en la exposición, la figura representa únicamente la dispersión de rendimiento de las heurísticas considerando exclusivamente el coste total, para el caso con utilización 0.88. El razonamiento es análogo para el resultado con utilizaciones de 0.22, 0.44 y 0.66.

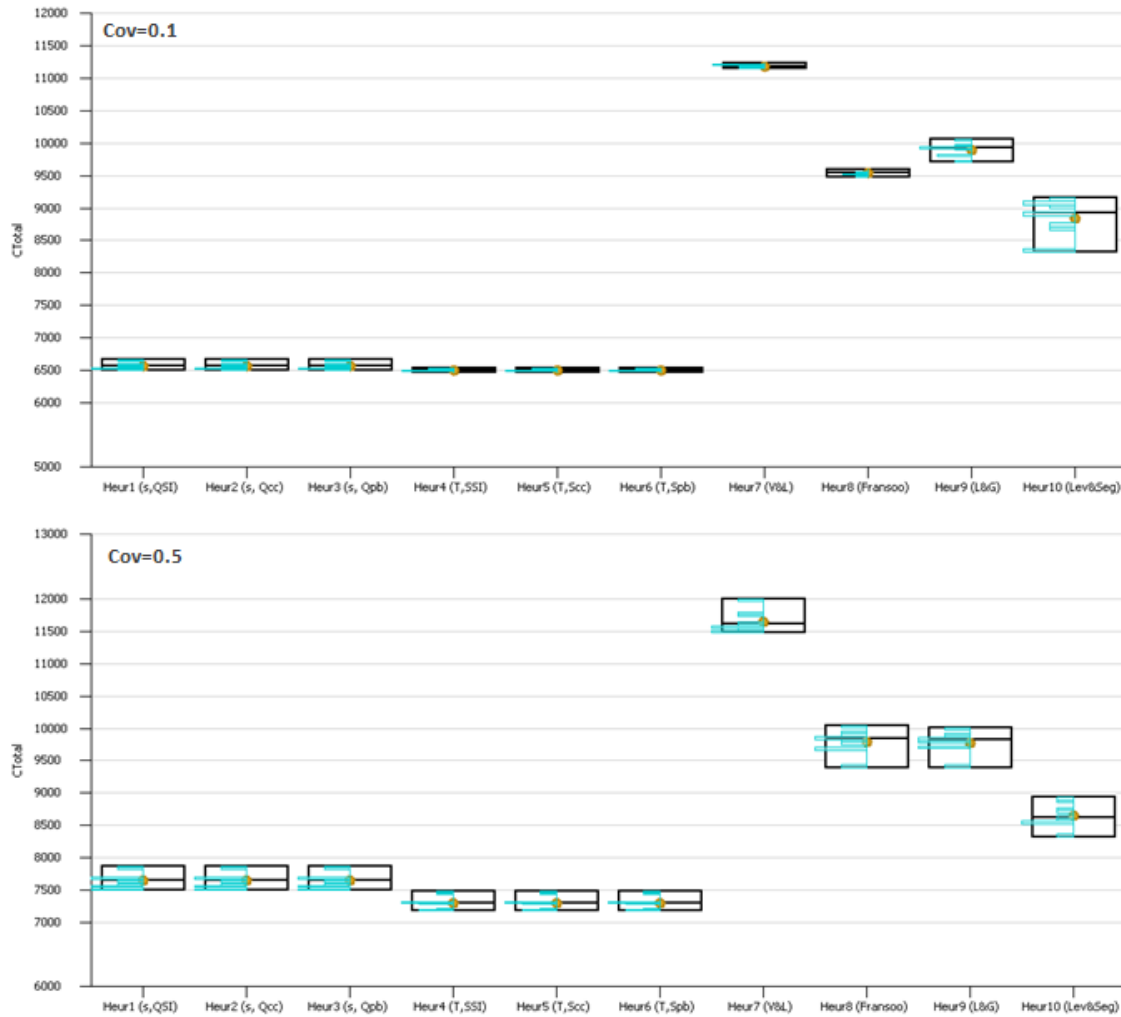


Figura 6.46 Variabilidad de los del coste total. Utilización=0.88; CoV=0.1; 0.5.Data Set HH

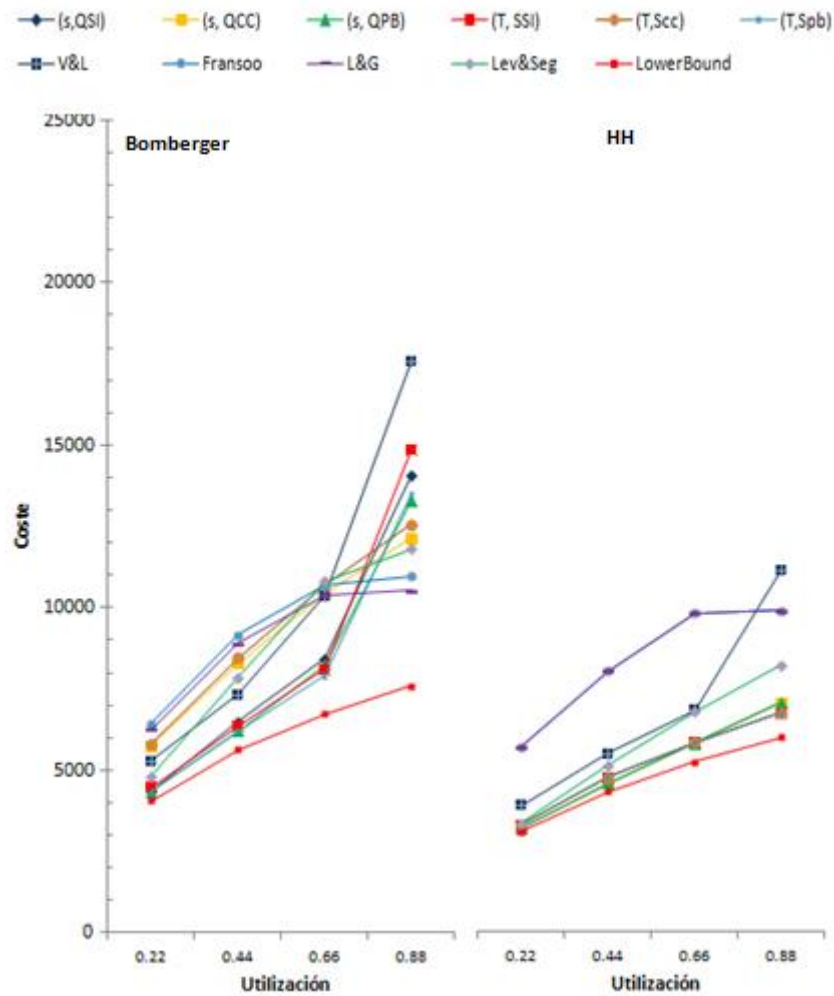
### 6.6.2 Comportamiento de los costes totales

La Figura 6.47 muestra el rendimiento de los costes totales para las 10 heurísticas, para el caso del data set de Bomberger y el data set homogéneo HH descrito en el capítulo 5. Como en secciones anteriores, sin pérdida de generalidad en las conclusiones, para mejorar la claridad en la exposición del análisis, se muestran únicamente los resultados únicamente para un coeficiente de variación de la demanda CoV 0.3. El resto de resultados del experimento se muestran tabulados en el apéndice.

Existe una circunstancia especial de este experimento que se aprecia obviamente reflejada en la figura. Para el data set HH, el tiempo de ciclo es el mismo según las aproximaciones SI, CC y PB. Esta circunstancia se introdujo al describir los factores de complejidad e incertidumbre en el modelo en el capítulo 3. En efecto, como se aprecia en la figura, las heurísticas Heur1 (s,  $Q^{SI}$ ), Heur2 (s,  $Q^{CC}$ ) y Heur3 (s,  $Q^{PB}$ ) son exactamente la misma, del mismo modo que también son iguales las heurísticas Heur4 (T,  $S^{SI}$ ), Heur5 (T,  $S^{CC}$ ) y Heur6 (T,  $S^{PB}$ ).

Respecto al rendimiento en relación con el coste total, de nuevo se identifican los dos efectos analizados en las secciones 6.3.2, 6.4.2 y 6.5.2. Por un lado el rendimiento relativo de las heurísticas cambia en función del nivel de utilización. Y por otro, el patrón de comportamiento de cada una frente a la utilización es diferente en función del conjunto de datos con el que se trabaja. En este caso particular, donde los 10 productos tienen exactamente las mismas características, es evidente que las seis primeras heurísticas, las heurísticas clásicas del modelo EOQ, tiene el mejor comportamiento incluso a utilización de 0.88. Este resultado sugiere que con este data set homogéneo la secuenciación es factible, incluso a una utilización de 0.88, por lo que es posible programar la producción de todos los ítems con tiempos de ciclo óptimos, sin incurrir en excesivos costes de no entrega. En cambio las heurísticas Heur9 (Leachman & Gascon) y Heur10 (Leven & Segersted) tiende a prevenir la aparición ventas perdidas a través de lanzamientos siempre que se cumple la condición de mínimo *run length*, lo cual resulta en unos mayores costes totales, aunque sin incurrir en costes de no entrega. Por otro lado la heurística Heur7 (Vergin & Lee) es la única de todas las empleadas que con este data set alcanza su límite de saturación por debajo de una utilización  $\rho = 0.88$  e incurre en considerables costes de no entrega. Este comportamiento se puede interpretar con más detalle a partir de los resultados mostrados en la Figura 6.48, y su comparación con la misma información para el data set de Bomberger mostrado en la Figura 6.3. La figura muestra el desglose de costes totales, en costes de almacenamiento, lanzamiento y ventas perdidas, para el data set homogéneo HH, a ratios de utilización 0.44 y 0.88. En la figura se aprecia cómo una utilización de 0.44, las heurísticas no incurren en costes de no entrega prácticamente. Las diferencias de costes entre ellas se deben por tanto a los criterios empleados en el lanzamiento, puesto que todas ellas comparte el mismo tiempos de ciclo básico excepto Heur7 (Vergin & Lee). Para una utilización de 0.88, el comportamiento se mantiene para la mayoría de las heurísticas, de nuevo las diferencias se producen por el criterio de lanzamiento, aunque se puede apreciar que comienzan a aparece coste por venta perdidas. Esto pone de manifiesto cómo, en esta situación de complejidad, empieza a cobrar importancia el problema de secuenciación manifestándose en forma de costes de no entrega. En concreto para Heur7 (Vergin & Lee) estos costes ya representan un porcentaje importante respecto a los costes totales, lo que hace poco razonable su uso en estas circunstancias.





**Figura 6.47.** Comportamiento del coste total frente al nivel de utilización.

Data sets Bomberger y HH

Es posible concluir a partir de este análisis, que la homogeneidad del data set simplifica considerablemente el problema de secuenciación. De nuevo es una conclusión a tener en cuenta especialmente para entornos industriales. En estas circunstancias, cuando se parte de un conjunto de artículos y se producen cambios en alguno de ellos, aún sin aumentar la utilización de la planta, puede ocurrir que la regla de decisión empleada para la programación de la producción deje de tener validez o empeore su rendimiento.

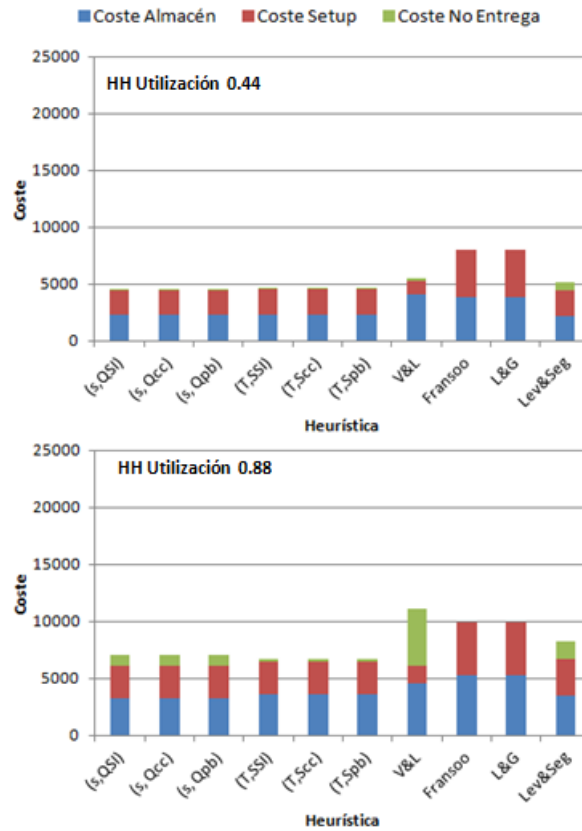
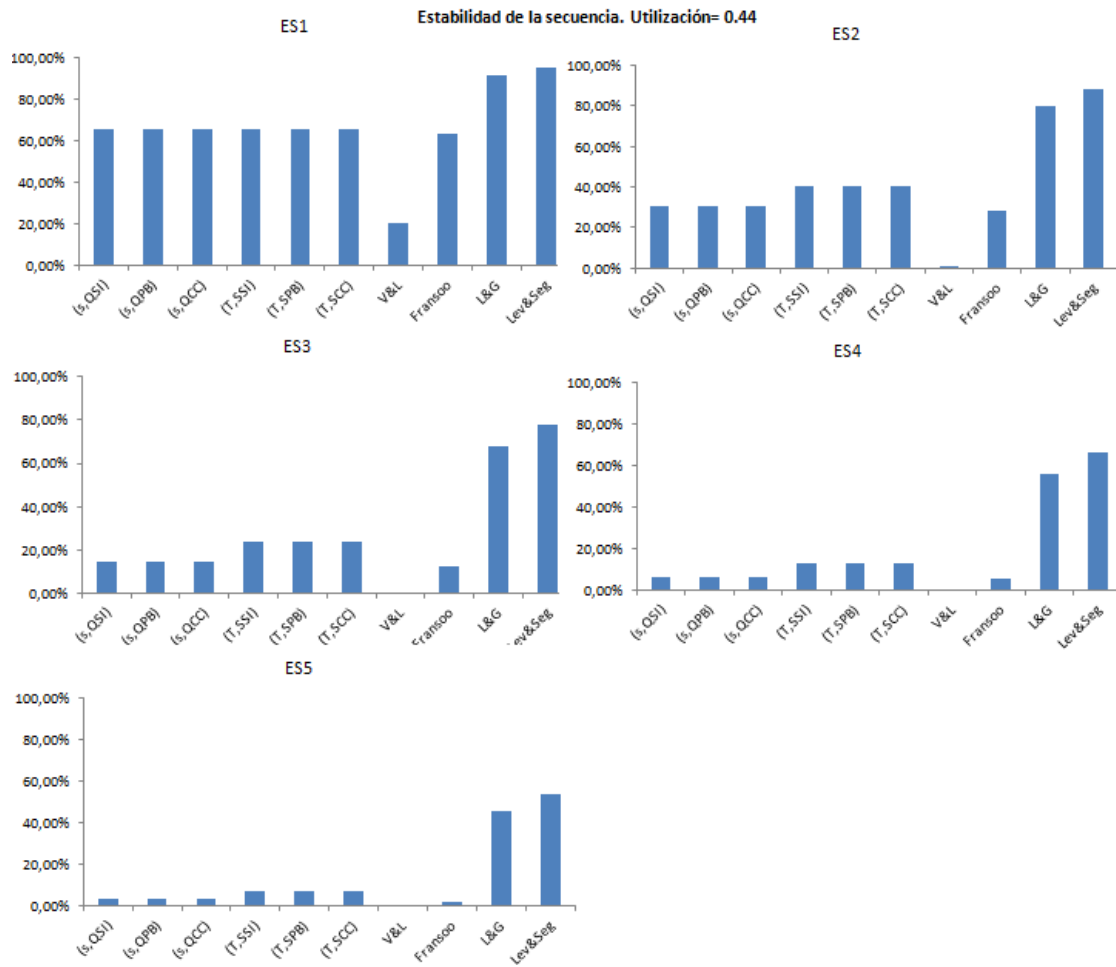


Figura 6.48. Desglose del coste total. Incertidumbre en la demanda Data set HH

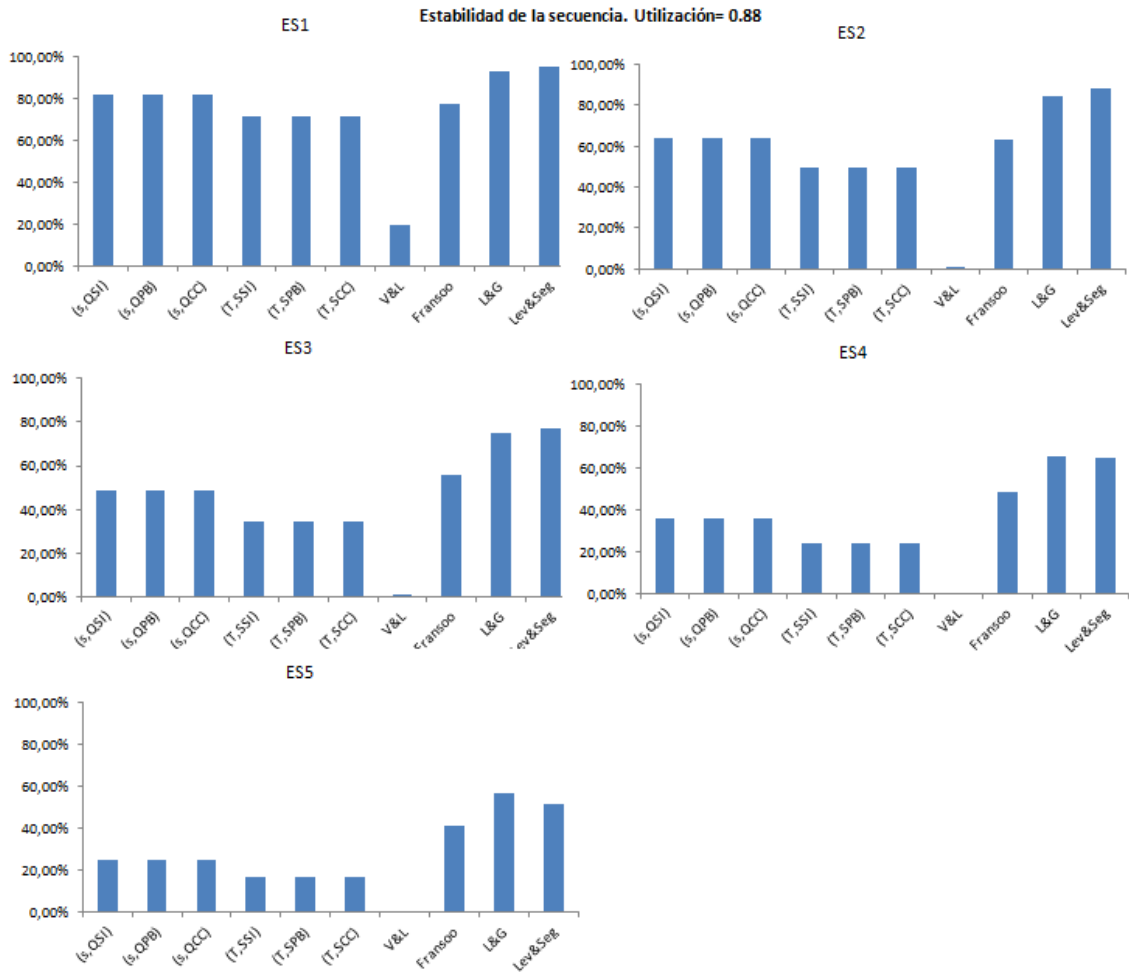
### 6.6.3 Estabilidad de la secuencia

La Figura 6.49 y la Figura 6.50 muestran los valores del indicador de estabilidad de la secuencia para el data set homogéneo HH, a ratios de utilización 0.44 y 0.88 respectivamente. De nuevo se muestran únicamente datos para un CoV de la demanda de 0.3, aunque como se puede comprobar a partir de los datos mostrados en el apéndice, las conclusiones del análisis son similares.

El análisis individual del data set conduce a conclusiones similares a las extraídas en 6.2.3 respecto al rendimiento de Heur10 (Leven & Segersted), frente al resto. En este caso no hay diferencias entre las tres primeras heurísticas. Tampoco las hay para las heurísticas Heur4 (T, S<sup>SI</sup>), Heur5 (T, S<sup>CC</sup>) y Heur6 (T, S<sup>PB</sup>).entre ellas. Esto ocurre particularmente con este data set al compartir todas ellas el mismo tiempo de ciclo. A utilización de 0.44 los rendimientos de las 6 primeras son muy similares, pero a una utilización superior se comprueba que las heurísticas de revisión periódica tienen un rendimiento ligeramente peor respecto a la estabilidad de la secuencia que las de punto de pedido. Esta observación también se desprende de la observación del comportamiento de este indicador para todos los data sets analizados en experimentos anteriores.



**Figura 6.49.** Estabilidad de la secuencia hasta ES=1, 2, 3, 4, 5 ítems. Utilización 0.44. Data set HH



**Figura 6.50.** Estabilidad de la secuencia hasta ES=1, 2, 3, 4, 5 ítems. Utilización 0.88 Data set HH

Por otro lado, de la comparación de estas figuras con la Figura 6.6 y la Figura 6.8 que presentan la misma medida de rendimiento para el data set de Bomberger, se desprende que la homogeneidad del data set contribuye, para la mayoría de las heurísticas, a mejorar la estabilidad de la secuencia. Se comprueba como al mismo nivel de utilización todas las heurísticas excepto la heurística Heur10 (Leven & Segersted) conducen a mayores ratios de estabilidad de la secuencias a todas las profundidades, lo que provoca que incluso la heurística Heur9 (Leachman & Gascon) llegue a obtener mejores rendimientos que ella a 4 y 5 niveles de profundidad. Realmente, el rendimiento de Heur10 (Leven & Segersted) respecto a esta medida con el data set HH, sigue siendo muy alto y está únicamente unos pocos puntos porcentuales por debajo de su rendimiento con el data set de Bomberger. Como se aprecia en la Figura 6.51 el rendimiento de esta heurística es muy estable respecto a estos medibles a cualquier nivel de utilización. Con respecto al resto de heurísticas, de forma similar a lo que ocurría para el resto de experimentos, el rendimiento de este indicador mejora con la utilización y en muy pocos casos decae.

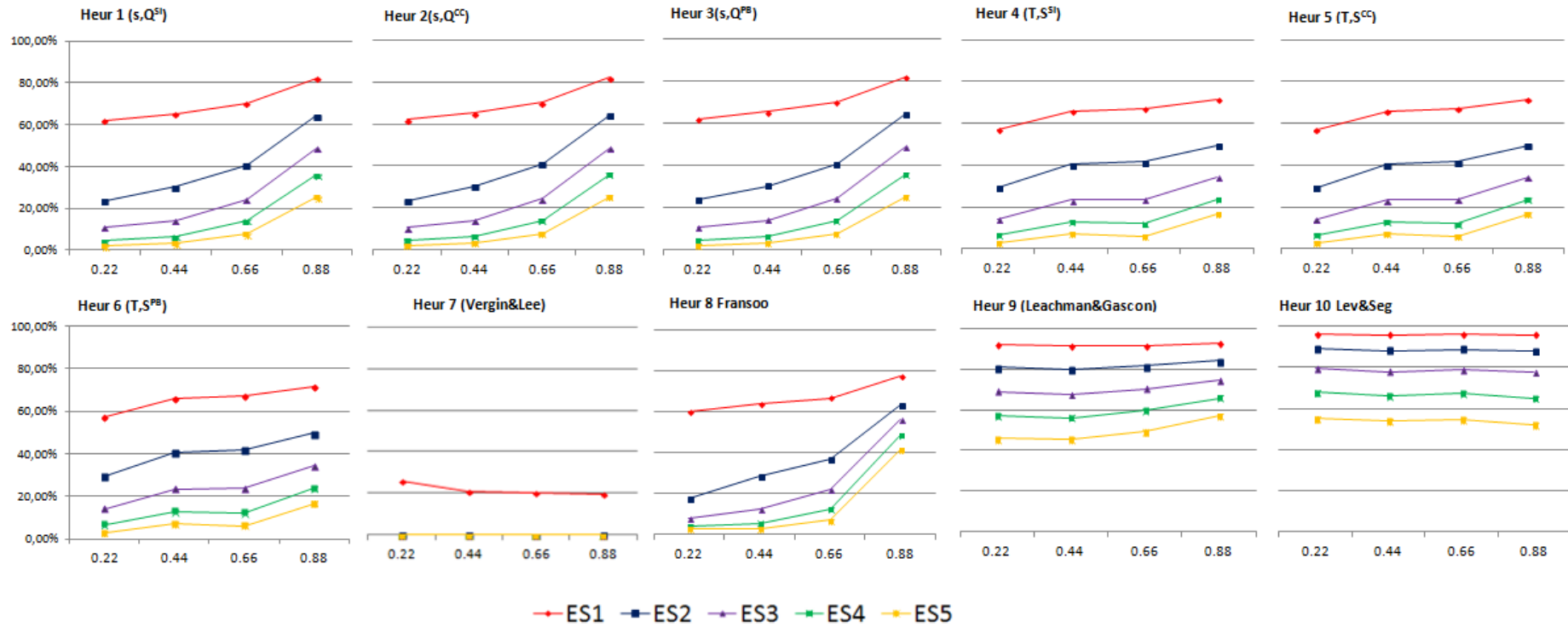


Figura 6.51. Análisis por heurística de la estabilidad de la secuencia hasta ES=1, 2, 3, 4, 5 ítems respecto a la utilización. CoV=0.3.

Data Set HH

Únicamente la heurística Heur7 (Vergin & Lee), que tiene una política de lotificación global e interrumpe los lotes de producción en función del inventario del resto de ítems tiene peores rendimientos cuando aumenta la utilización.

### 6.7 Influencia de los inventarios iniciales

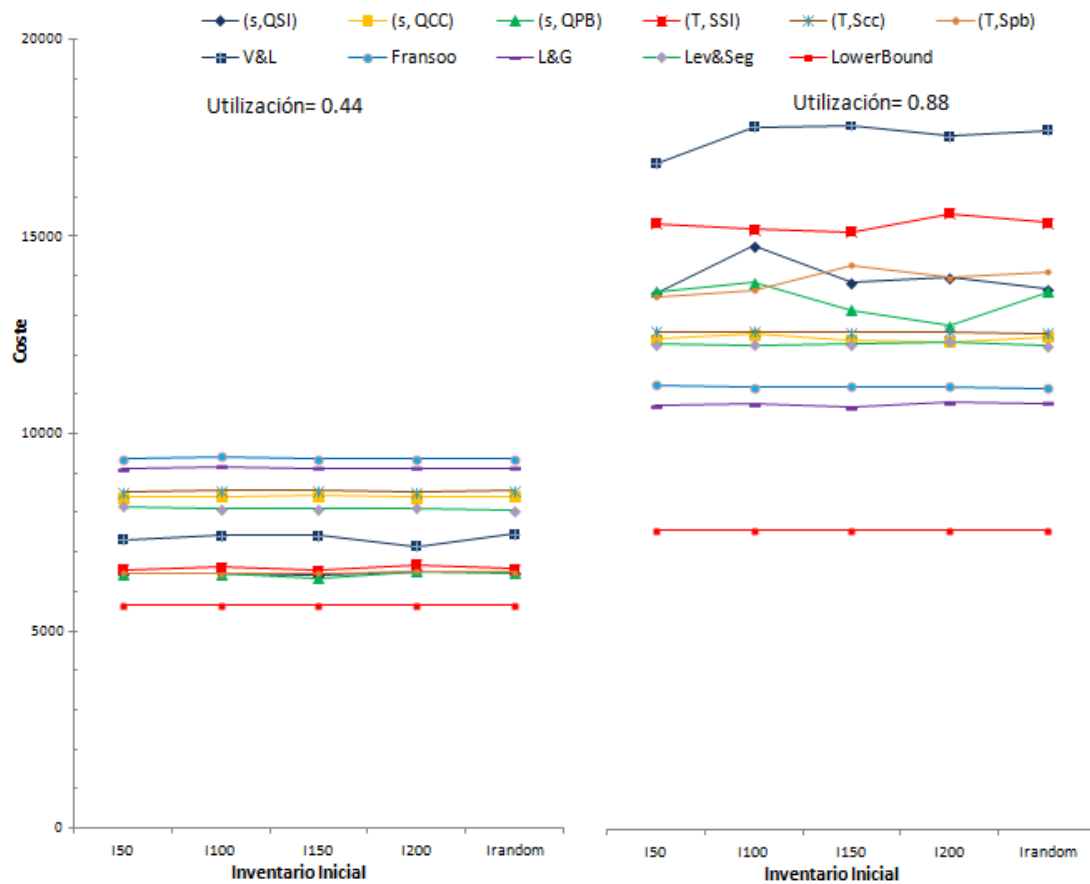
Por último el experimento E6 consiste en el análisis del comportamiento de las 13 heurísticas definidas, de nuevo para el data set original de Bomberger y bajo diferentes condiciones de utilización y grados de incertidumbre en la demanda, partiendo únicamente de diferentes condiciones respecto a los inventarios iniciales en relación con el experimento E1, como se muestra en la Tabla 6.9. Así, estos valores de los parámetros del experimento definen un total de 156 escenarios. El análisis de los resultados de este experimento permite a partir de su comparación con los resultados del experimento E1 verificar el efecto de los inventarios iniciales sobre el rendimiento de las heurísticas.

**Tabla 6.9** Escenarios experimento E6

<b>Experimento</b>	
<b>E6</b>	
<b>Escenarios Entorno producción</b>	
<b>Heurística</b>	
Valores (HEUR1, HEUR2, HEUR3, HEUR1p, HEUR2p, HEUR3p, HEUR4, HEUR5, HEUR6, HEUR7, HEUR8, HEUR9, HEUR10)	<b>13</b>
<b>Ratio de Utilización</b>	
Valores $\rho$ (0.22, 0.44, 0.66, 0.88)	<b>4</b>
<b>Coefficiente de variación demanda</b>	
Valores CoV (0.1, 0.3, 0.5)	<b>3</b>
<b>Escenarios Data Sets</b>	
<b>Bomberger Original</b>	<b>1</b>
	Bomberger
<b>Escenarios Inventarios iniciales</b>	
	<b>4</b>
	Random, 50%, 150%, 200%
<b>Número total de escenarios del experimento</b>	<b>624</b>

#### 6.7.1 Comportamiento de los costes totales

La Figura 6.52 muestra los costes resultantes de cada una de las heurísticas para un nivel de utilización  $\rho = 0.88$  y  $\rho = 0.44$ , con los diferentes niveles de inventario descritos en 5.4.3.3.



**Figura 6.52.** Comportamiento del coste total en función del Inventario inicial. Utilización 0.44 y 0.88

Niveles de inventario 50%, 100%, 150%, 200%, Random

Como se observa en la figura la influencia de los inventarios iniciales en el rendimiento de las heurísticas es mínima. Se aprecia en la figura cómo existen algunas heurísticas, en concreto Heur1 (s,  $Q^{SI}$ ), Heur3 (s,  $Q^{PB}$ ) que tienen algo más de variabilidad en los resultados a utilización 0.88, pero esto se debe al hecho de que la heurística se encuentra saturada a este nivel de utilización. Efectivamente se comprueba la estabilidad de los resultados de las diferentes heurísticas a utilización de 0.44.

### 6.7.2 Estabilidad de la secuencia

El comportamiento en relación con la estabilidad de la secuencia se muestra en la Tabla 6.10. La tabla muestra únicamente los datos para un grado de incertidumbre en la demanda correspondiente a  $CoV=0.3$  y una utilización de 0.88. De nuevo la conclusión de este análisis se extrae a partir de estos resultados únicamente, aunque sin pérdida de generalidad como se puede comprobar a partir de los datos mostrados en el apéndice. Como muestra la tabla, los inventarios iniciales de cada experimento de simulación no tienen un efecto significativo sobre la estabilidad de la secuencia.

**Tabla 6.10** Estabilidad de la secuencia con diferentes inventarios iniciales. CoV 0.3.

Utilización 0.88

<b>Media M1</b>		<b>HEUR</b>									
<b>Inventario Inicial</b>	<b>(s,QSI)</b>	<b>(s,QPB)</b>	<b>(s,QCC)</b>	<b>(T,SSI)</b>	<b>(T,SPB)</b>	<b>(T,SCC)</b>	<b>V&amp;L</b>	<b>Fransoo</b>	<b>L&amp;G</b>	<b>Lev&amp;Seg</b>	
150	68,98%	77,70%	70,88%	61,66%	62,07%	63,23%	15,64%	21,05%	93,54%	96,36%	
1100	69,45%	77,73%	71,58%	61,19%	60,50%	62,78%	15,46%	21,06%	93,34%	97,29%	
1150	69,67%	77,87%	71,70%	60,73%	60,54%	61,90%	15,47%	21,06%	93,49%	96,77%	
1200	70,40%	78,13%	72,34%	60,20%	57,67%	62,48%	15,26%	21,06%	93,06%	96,55%	
IRandom	69,14%	76,95%	70,96%	60,20%	59,70%	62,85%	15,40%	21,06%	93,82%	96,88%	

<b>Media M2</b>		<b>HEUR</b>									
<b>Inventario Inicial</b>	<b>(s,QSI)</b>	<b>(s,QPB)</b>	<b>(s,QCC)</b>	<b>(T,SSI)</b>	<b>(T,SPB)</b>	<b>(T,SCC)</b>	<b>V&amp;L</b>	<b>Fransoo</b>	<b>L&amp;G</b>	<b>Lev&amp;Seg</b>	
150	41,32%	55,24%	45,17%	33,95%	37,85%	37,17%	0,53%	0,51%	83,77%	90,05%	
1100	42,18%	55,46%	46,08%	33,28%	35,06%	36,71%	0,50%	0,46%	82,44%	91,53%	
1150	42,90%	54,43%	45,59%	33,19%	34,85%	35,98%	0,61%	1,81%	82,49%	90,97%	
1200	42,41%	55,19%	46,78%	31,72%	30,97%	35,09%	0,54%	1,98%	80,04%	90,46%	
Random	41,62%	53,85%	46,13%	32,13%	33,76%	36,35%	0,48%	1,97%	83,42%	90,82%	

<b>Media M3</b>		<b>HEUR</b>									
<b>Inventario Inicial</b>	<b>(s,QSI)</b>	<b>(s,QPB)</b>	<b>(s,QCC)</b>	<b>(T,SSI)</b>	<b>(T,SPB)</b>	<b>(T,SCC)</b>	<b>V&amp;L</b>	<b>Fransoo</b>	<b>L&amp;G</b>	<b>Lev&amp;Seg</b>	
150	24,05%	37,68%	27,68%	18,92%	22,61%	22,53%	0,02%	0,02%	66,19%	81,18%	
1100	24,51%	37,85%	28,33%	18,45%	20,06%	21,06%	0,00%	0,01%	64,00%	83,06%	
1150	25,19%	36,76%	28,59%	18,00%	19,45%	21,73%	0,01%	0,16%	64,73%	82,51%	
1200	24,35%	36,89%	29,40%	16,55%	16,02%	20,61%	0,01%	0,13%	61,22%	81,96%	
Random	23,60%	36,07%	28,32%	17,37%	18,60%	22,24%	0,02%	0,13%	65,01%	81,86%	

<b>Media M4</b>		<b>HEUR</b>									
<b>Inventario Inicial</b>	<b>(s,QSI)</b>	<b>(s,QPB)</b>	<b>(s,QCC)</b>	<b>(T,SSI)</b>	<b>(T,SPB)</b>	<b>(T,SCC)</b>	<b>V&amp;L</b>	<b>Fransoo</b>	<b>L&amp;G</b>	<b>Lev&amp;Seg</b>	
150	12,63%	24,74%	14,94%	9,23%	13,48%	12,15%	0,00%	19,12%	41,31%	70,01%	
1100	13,21%	25,03%	16,17%	9,26%	11,09%	11,19%	0,00%	19,12%	39,12%	72,39%	
1150	14,25%	23,84%	15,51%	8,97%	10,59%	11,73%	0,00%	19,12%	39,58%	71,96%	
1200	12,84%	23,44%	16,46%	7,63%	8,69%	11,39%	0,00%	19,95%	37,51%	71,55%	
Random	12,35%	23,54%	15,37%	8,48%	10,14%	12,44%	0,00%	19,35%	38,78%	70,78%	

<b>Media M5</b>		<b>HEUR</b>									
<b>Inventario Inicial</b>	<b>(s,QSI)</b>	<b>(s,QPB)</b>	<b>(s,QCC)</b>	<b>(T,SSI)</b>	<b>(T,SPB)</b>	<b>(T,SCC)</b>	<b>V&amp;L</b>	<b>Fransoo</b>	<b>L&amp;G</b>	<b>Lev&amp;Seg</b>	
150	5,58%	15,30%	6,67%	3,90%	7,97%	5,20%	0,00%	0,00%	17,86%	57,25%	
1100	6,13%	16,03%	7,71%	3,37%	5,89%	5,24%	0,00%	0,00%	17,33%	59,69%	
1150	6,56%	15,03%	6,84%	4,04%	5,89%	5,17%	0,00%	0,00%	16,54%	59,40%	
1200	5,02%	14,38%	7,15%	3,29%	4,59%	4,94%	0,00%	0,00%	16,50%	59,80%	
Random	5,25%	14,86%	6,97%	3,68%	5,33%	5,94%	0,00%	0,00%	15,97%	58,65%	

En consecuencia, a partir de las conclusiones mostradas en este experimento, es posible concluir que la influencia de los inventarios iniciales en los experimentos de simulación sobre las medidas de rendimiento estudiadas es mínima.

## 6.8 Conclusiones

En el presente capítulo se ha presentado los resultados del estudio de simulación realizado. La presentación de los resultados se ha llevado a cabo siguiendo la estructura de los experimentos descrita en el capítulo 5.



Así, el experimento E1 ha permitido analizar el efecto de la utilización  $\rho$  como *driver* de complejidad sobre el rendimiento de las heurísticas, bajo un entorno de incertidumbre en la demanda. Se ha extraído una primera conclusión del experimento. A baja utilización el problema de secuenciación es de menor importancia, por lo que el rendimiento de las heurísticas con tiempos de ciclo óptimo es en general mejor respecto a los costes. A mayores niveles de utilización las heurísticas que facilitan la existencia de patrones cíclicos repetitivos, aún a costa de tiempos de ciclo no óptimos, superan el rendimiento de las anteriores al minimizar la aparición de costes por venta perdida. Además, se ha descrito el efecto de la utilización sobre la estabilidad de la secuencia, los diferentes rendimientos de cada heurística respecto a este indicador y el interesante efecto de que la estabilidad de la secuencia es mayor a mayores niveles de utilización.

En el experimento E2, se ha analizado el efecto del segundo *driver* de complejidad contemplado, el número de ítems, sobre el rendimiento de las heurísticas. Este experimento ha permitido, además de confirmar la conclusión anterior para cada data set con diferente número de ítems, extraer una nueva conclusión. El nivel en el que las heurísticas con tiempos de ciclo óptimo alcanzan el nivel de saturación, empeorando su rendimiento, es diferente cuando el data set es diferente. En las circunstancias del experimento analizado, se ha comprobado que un mayor número de ítems retrasa el nivel de utilización al cual el rendimiento de las heurísticas basadas en ciclos óptimos decae. Por otro lado se ha demostrado que el incremento en el número de ítems, empeora la estabilidad de la secuencia.

En el experimento E3, se ha analizado el efecto del tercer *driver* de complejidad contemplado, la homogeneidad de los ratios de demanda, sobre el rendimiento de las heurísticas. De nuevo, los resultados del experimento han confirmado que el comportamiento relativo de las heurísticas no sólo es función del nivel de utilización, sino también de las características del data set, en este caso en relación con la homogeneidad de la demanda. Los resultados del experimento confirman que la heterogeneidad de la demanda reduce drásticamente la complejidad del problema bajo un mismo nivel de utilización. En cambio, los resultados del experimento respecto a la estabilidad de la secuencia han demostrado que la estabilidad de la secuencia empeora bajo unas condiciones de demanda heterogénea.

En el experimento E4, se ha analizado el efecto del cuarto *driver* de complejidad contemplado, la dimensionalidad del data set (homogeneidad de los ratios de utilización  $\rho_i$ ), sobre el rendimiento de las heurísticas. Los resultados del experimento han permitido extraer una nueva conclusión. De mismo modo que los experimentos 2 y 3, han mostrado que el comportamiento de las heurísticas en relación con la utilización es diferente según las características del data set. En este caso, con ratios de utilización fuertemente heterogéneos, las heurísticas que alcanzan su nivel de saturación son las heurísticas que emplean tiempos de ciclo CC y no SI. En este caso, para un data set con ratios de utilización heterogéneos, esto no ocurre por la aparición de costes de venta perdida. En este caso el incremento de costes se debe al desequilibrio en los inventarios individuales, que

provoca el empleo de un ciclo común para todos los ítems en el data set de ratios de utilización heterogéneos.

En el experimento E5, se ha analizado el efecto del último *driver* de complejidad contemplado, la homogeneidad de las características de los artículos en el data set. Las propias características del experimento conducen a que algunas de las heurísticas tengan exactamente el mismo comportamiento por la circunstancia de que los tiempos de ciclo son los mismos bajo las tres aproximaciones empleadas. Además, los resultados han demostrado que la homogeneidad del data set reduce considerablemente la complejidad del problema de manera que sólo una de las heurísticas empleadas entra en saturación a un nivel de utilización de 0.88. En efecto, las heurísticas clásicas del EOQ tienen rendimientos mejores respecto al coste total que las heurísticas específicas diseñadas para el ELSP. Esto es así debido a que las heurísticas específicas están enfocadas a resolver el problema de secuenciación que se presenta cuando aumenta la complejidad del problema, lo que suele ocurrir a altos niveles de utilización de la planta. Con un data set homogéneo la complejidad del problema a una utilización de 0.88 sigue siendo baja, y las heurísticas específicas tienden a incurrir en excesivos costes de inventario y *setup*, innecesarios por la baja complejidad del problema.

Por último, el experimento E6 ha analizado la influencia de los inventarios iniciales sobre los resultados de los experimentos. El experimento ha mostrado que el efecto es mínimo para el conjunto de heurísticas analizadas, bajo los factores experimentales empleados en el estudio de simulación, en el que los niveles de inventarios se han tomado como proporcionales al inventario medio para el tiempo de ciclo óptimo.

A modo de resumen, la Tabla 6.11 muestra cuál es la heurística que ha obtenido mejor rendimiento respecto al coste total en cada uno de los experimentos realizados, a los diferentes niveles de utilización estudiados y para un coeficiente de variación de la demanda de 0.3. Curiosamente, en la tabla se refleja que todas las heurísticas analizadas han sido en alguna situación la que mejor comportamiento ha obtenido, a excepción de Heur10 (Leven & Segersted). Sin embargo, como se ha comprobado a lo largo del capítulo, precisamente esta heurística ha obtenido un rendimiento claramente superior al resto respecto a otra de las medidas de rendimiento, como es la estabilidad de la secuencia.

Tabla 6.11 Heurísticas de mejor Coste Total en cada experimento. CoV=0.3

Experimento	Data set	Utilización							
		0.22		0.44		0.66		0.88	
		Heurística de menor Coste Total	Criterio T	Heurística de menor Coste Total	Criterio T	Heurística de menor Coste Total	Criterio T	Heurística de menor Coste Total	Criterio T
E1 Driver utilización	Bomberger 10 items	Heur3 (s, Q <sup>PB</sup> )	PB	Heur3 (s, Q <sup>PB</sup> )	PB	Heur6 (T, S <sup>PB</sup> )	PB	Heur9 (Leachman & Gascon)	PB
E2 Driver Nº items	A20	Heur1 (s, Q <sup>SI</sup> )	SI	Heur6 (T, S <sup>PB</sup> )	PB	Heur6 (T, S <sup>PB</sup> )	PB	Heur8 (Fransoo)	PB
	A30	Heur3 (s, Q <sup>PB</sup> )	PB	Heur3 (s, Q <sup>PB</sup> )	PB	Heur6 (T, S <sup>PB</sup> )	PB	Heur8 (Fransoo)	PB
	A40	Heur6 (T, S <sup>PB</sup> )	PB	Heur3 (s, Q <sup>PB</sup> )	PB	Heur6 (T, S <sup>PB</sup> )	PB	Heur8 (Fransoo)	PB
E3 Driver Homogeneidad Demanda	HD1	Heur1 (s, Q <sup>SI</sup> )	SI	Heur6 (T, S <sup>PB</sup> )	PB	Heur6 (T, S <sup>PB</sup> )	PB	Heur2 (s, Q <sup>CC</sup> )	CC
	HD2	Heur1 (s, Q <sup>SI</sup> )	SI	Heur3 (s, Q <sup>PB</sup> )	PB	Heur6 (T, S <sup>PB</sup> )	PB	Heur9 (Leachman & Gascon)	PB
	HD3	Heur1 (s, Q <sup>SI</sup> )	SI	Heur3 (s, Q <sup>PB</sup> )	PB	Heur6 (T, S <sup>PB</sup> )	PB	Heur3 (s, Q <sup>PB</sup> )	PB
	HD4	Heur1 (s, Q <sup>SI</sup> )	SI	Heur6 (T, S <sup>PB</sup> )	PB	Heur6 (T, S <sup>PB</sup> )	PB	Heur4 (T, S <sup>SI</sup> )	SI
E4 Driver Dimensionalidad (ratio Utilización)	HU1	Heur1 (s, Q <sup>SI</sup> )	SI	Heur3 (s, Q <sup>PB</sup> )	PB	Heur6 (T, S <sup>PB</sup> )	PB	Heur5 (T, S <sup>CC</sup> )	CC
	HU2	Heur3 (s, Q <sup>PB</sup> )	PB	Heur6 (T, S <sup>PB</sup> )	PB	Heur6 (T, S <sup>PB</sup> )	PB	Heur9 (Leachman & Gascon)	PB
	HU3	Heur3 (s, Q <sup>PB</sup> )	PB	Heur6 (T, S <sup>PB</sup> )	PB	Heur6 (T, S <sup>PB</sup> )	PB	Heur6 (T, S <sup>PB</sup> )	PB
	HU4	Heur1 (s, Q <sup>SI</sup> )	SI	Heur4 (T, S <sup>SI</sup> )	SI	Heur7 (Vergin & Lee)	--	Heur4 (T, S <sup>SI</sup> )	SI
E5 Driver Homogeneidad	HH1	Heur1 (s, Q <sup>SI</sup> )	SI	Heur1 (s, Q <sup>SI</sup> )	SI	Heur1 (s, Q <sup>SI</sup> )	SI	Heur4 (T, S <sup>SI</sup> )	SI

No obstante, tal como se ha destacado en el capítulo primero, el objetivo del estudio de simulación no era identificar cuál de las heurísticas es la mejor en cada entorno productivo. El objetivo último del estudio era mostrar cómo el rendimiento de cada heurística es fuertemente dependiente de las condiciones de complejidad e incertidumbre bajo el que se emplea. Así, es muy probable que el estudio hubiera arrojado resultados ligeramente diferentes si se hubieran realizado experimentos con diferentes data sets. Sin embargo, como se ha mostrado a lo largo del capítulo ha sido posible identificar ciertos patrones en el comportamiento de las heurísticas bajo los diferentes entornos de complejidad e incertidumbre analizados. Estos patrones de comportamiento descritos en el capítulo, se pueden apreciar de nuevo en la tabla y se resumen en el capítulo séptimo de conclusiones y líneas de futuro.

# Capítulo 7

## Conclusiones y líneas de trabajo futuro

### 7.1 Conclusiones

En el capítulo primero se ha marcado como objetivo de esta tesis, demostrar que la validez de las reglas de decisión empleadas en la resolución del el ELSP está limitada a las condiciones complejidad e incertidumbre del entorno productivo bajo el que se emplean

Para ello, se ha construido el modelo general del SELSP, con ventas perdidas, partiendo del modelo germinal del problema partir de la definición del lote económico de pedido EOQ (Harris 1913).

También se ha introducido y contextualizado los conceptos de complejidad e incertidumbre tal como se tratan en esta tesis y se han presentado los *drivers* de complejidad e incertidumbre considerados en el análisis experimental. Una vez presentados los *drivers* de complejidad e incertidumbre, se ha introducido en el modelo teórico la consideración de estos factores cuyo efecto se ha analizado posteriormente en el estudio de simulación.

A continuación, se ha introducido, clasificado y descrito en detalle un conjunto de trece heurísticas que han sido empleadas en el estudio de simulación. Se ha introducido la subdivisión clásica del ELSP en los dos subproblemas clásicos de lotificación y secuenciación, y se ha descrito en detalle los elementos particulares de la regla de decisión de cada una de las heurísticas.

Para el estudio de simulación se ha diseñado un modelo de simulación empleando la herramienta SIMIO, en el que se han implementado los algoritmos específicos de cada una de las heurísticas cuyo comportamiento se ha analizado en el estudio. Además se han descrito en detalle el diseño de la experimentación y los factores experimentales que han

establecido las características del entorno productivo en el que se han llevado a cabo los experimentos. Así, se han considerado escenarios diferentes, ante 4 niveles de utilización de la planta, en relación con la demanda individual de los artículos, y con 3 diferentes grados de incertidumbre en la demanda, en relación con la varianza de los valores respecto a su valor medio. Además, se han seleccionado y presentado los diferentes conjuntos de datos. Partiendo del Data set original de 10 artículos de Bomberger (Bomberger 1966) se han generado 11 nuevos conjuntos en los que se han introducido variaciones para introducir los *drivers* de complejidad contemplados: número de artículos, homogeneidad en los ratios de demanda, dimensionalidad y homogeneidad de los artículos. Finalmente en relación con los factores experimentales se han introducido las diferentes medias de rendimiento bajo las que se ha analizado el comportamiento de las heurísticas.

Por último, se han presentado los resultados del estudio de simulación realizado.

Un primer experimento ha permitido analizar el efecto de la utilización  $\rho$  como *driver* de complejidad sobre el rendimiento de las heurísticas. Se ha comprobado que el rendimiento de las heurísticas empleando tiempos de ciclo óptimo es, en general, mejor respecto a los costes a bajo nivel de utilización de la planta. En cambio, a mayores niveles de utilización las heurísticas que facilitan la existencia de patrones cíclicos repetitivos, aún a costa de tiempos de ciclo no óptimos, superan el rendimiento de las anteriores al minimizar la aparición de costes por venta perdida. Este resultado es absolutamente relevante para el empleo de una determinada regla de decisión en entornos industriales. El resultado indica que el rendimiento relativo de la estrategia de producción empleada, y por tanto su idoneidad frente a otras estrategias, puede sufrir drásticos cambios en una misma instalación cuando se producen variaciones importantes en la carga de trabajo. Se ha destacado que estas variaciones en el nivel de utilización de la instalación nos son en absoluto inusuales en entornos industriales debido a diversas circunstancias.

En un posterior conjunto de experimentos, se han considerado los diferentes data sets, introduciendo cada uno de ellos nuevos *drivers* de complejidad en el análisis. Se ha analizado el efecto de los *drivers* número de ítems, homogeneidad de los ratios de demanda, dimensionalidad del data set y homogeneidad de las características de los artículos.

Respecto a las conclusiones particulares en relación con cada *driver*, se ha comprobado que un mayor número de ítems retrasa el nivel de utilización al cual el rendimiento de las heurísticas basadas en ciclos óptimos decae. Por otro lado, también se ha comprobado que el incremento en el número de ítems, empeora la estabilidad de la secuencia.

Los resultados también han confirmado que una situación de alta heterogeneidad de la demanda, con pocos artículos concentrando la mayor parte de la demanda reduce drásticamente la complejidad del problema bajo un mismo nivel de utilización. Asimismo, la dimensionalidad del data set, condiciona claramente el rendimiento de las heurísticas. En este caso, con ratios de utilización fuertemente heterogéneos, las heurísticas que entran en saturación son las heurísticas que emplean tiempos de ciclo CC y no SI.

Se ha observado que la homogeneidad del data set reduce considerablemente la complejidad del problema de manera que prácticamente todas las heurísticas empleadas mantienen rendimientos cercanos a los teóricos aún a altos niveles de utilización.

Por último, se ha analizado en la experimentación el efecto de los inventarios iniciales sobre los resultados de las medidas de rendimiento consideradas. Se ha demostrado que el efecto es mínimo para el conjunto de heurísticas analizadas, y bajo los factores experimentales empleados en el estudio de simulación.

Cada uno de estos experimentos ha permitido extraer conclusiones particulares en relación con cada *driver* de complejidad e incertidumbre, que han sido descritas en detalle. Sin embargo, una conclusión clave de este grupo de experimentos es que las propias características del conjunto de datos condicionan el rendimiento de las heurísticas. Se trata de una conclusión relevante para la aplicabilidad de los algoritmos de decisión en entornos industriales. Esta conclusión implica que modificaciones sobre las características particulares de los artículos, o sobre el propio mix de productos, pueden condicionar el rendimiento de la regla de programación de la producción empleada, aún cuando los cambios no modifiquen la carga de trabajo total de la planta. Este resultado ya había sido anticipado en las conclusiones del trabajo de Winands (2011). El autor destacaba en sus conclusiones la necesidad de abordar un amplio estudio comparativo de las diferentes estrategias de producción presentadas en la literatura, bajo un extenso abanico de condiciones experimentales. Así, esta tesis doctoral ha abordado una aproximación a este análisis acotada a un variante concreta del problema, relacionándolo con los conceptos de complejidad e incertidumbre en la cadena de suministro.

## 7.2 Líneas de trabajo futuro

El enfoque de esta tesis para el análisis del ELSP, desde el punto de vista de un amplio estudio comparativo de diferentes procedimientos de resolución, define en gran medida las líneas de trabajo futuro de esta tesis doctoral.

Por un lado, pretendemos mostrar que este análisis presenta resultados similares al aplicarse a otras estrategias de producción presentadas en la literatura. Se pretende por tanto analizar el rendimiento relativo de nuevas estrategias y destacar la necesidad de considerar siempre un análisis de sensibilidad para evaluar el impacto de los diferentes parámetros del modelo sobre cualquier estrategia de producción para el ELSP:

Por otro lado, se pretende introducir otros *drivers* de complejidad e incertidumbre en el análisis. En este sentido, nuevas variantes del problema objeto de estudio introducen nuevos *drivers* de complejidad. En el capítulo del estado del arte se han introducido algunos de los *drivers* de complejidad e incertidumbre que podrán ser increpados a diferentes variantes del ELSP. Así, otras variantes del problema que introducen nuevos *drivers* de complejidad son, por ejemplo, la consideración de estacionalidad de la demanda,

la existencia de tiempos de *setup* dependientes de la secuencia, y ratios de producción variables, entre otros. En cuanto a la incertidumbre, los tiempos de proceso o los tiempos de *setup*, pueden mostrar un comportamiento estocástico, lo que introduce incertidumbre en el problema. Así por ejemplo, las consideraciones de averías, problemas de calidad o la disponibilidad de las existencias introducirían otros *drivers* de incertidumbre, bajo los cuales pretendemos ampliar el análisis.

Una interesante área de Trabajo que ayudaría a ampliar y reforzar las conclusiones de esta tesis es el uso de hiperheurísticas (Burke et al. 2013). Este tipo de procedimientos podrían resultar útiles en determinar la estrategia de producción más apropiada para cada escenario de complejidad e incertidumbre del ELSP.



# Bibliografía

- Allahverdi, Ali, Jatinder N D Gupta, y Tariq Aldowaisan. 1999. «A review of scheduling research involving *setup* considerations.» *Omega* 27 (2): 219-239.
- Allahverdi, Ali, C.T. Ng, T.C.E. Cheng, y Mikhail Y. Kovalyov. 2008. «A survey of scheduling problems with *setup* times or costs.» *European Journal of Operational Research* 187 (3): 985-1032.
- Alle, A, Jm Pinto, y Lg Papageorgiou. 2004. «The economic lot scheduling problem under performance decay», n.º 2: 1-9.
- Altiok, Tayfur, y Goang An Shiue. 1995. «Single-stage, multi-product production/inventory systems with lost sales.» *Naval Research Logistics* 42 (6): 889-913.
- Anupindi, R., y S. Tayur. 1998. «Managing Stochastic Multiproduct Systems: Model, Measures, and Analysis.» *Operations Research*.
- Ashayeri, J., R.J.M. Heuts, H.G.L. Lansdaal, y L.W.G. Strijbosch. 2006. «Cyclic production–inventory planning and control in the pre-Deco industry: A case study.» *International Journal of Production Economics* 103 (2): 715-725.
- Ben-Daya, M., y M. Hariga. 2000. «Economic lot scheduling problem with imperfect production processes.» *Journal of the Operational Research Society* 51 (7). Palgrave Macmillan: 875-881.
- Bomberger, Earl E. 1966. «A Dynamic Programming Approach to a Lot Size Scheduling Problem.» *Management Science* 12 (11): 778-784.
- Bourland, Karla E., y Candace A. Yano. 1994. «The Strategic Use of Capacity Slack in the Economic Lot Scheduling Problem with Random Demand.» *Management Science* 40 (12): 1690-1704.
- Brander, Pär. 2005. «Inventory Control and Scheduling Problems in a Single-Machine Multi-Item System.»

- Brander, Pär, y Rolf Forsberg. 2006. «Determination of safety stocks for cyclic schedules with stochastic demands.» *International Journal of Production Economics* 104 (2): 271-295.
- Brander, Pär, Erik Levén, y Anders Segerstedt. 2005. «Lot sizes in a capacity constrained facility—a simulation study of stationary stochastic demand.» *International Journal of Production Economics* 93-94 (enero): 375-386.
- Burke, Edmund K, Michel Gendreau, Matthew Hyde, Graham Kendall, Gabriela Ochoa, Ender Özcan, y Rong Qu. 2013. «Hyper-heuristics: a survey of the state of the art.» *Journal of the Operational Research Society* 64 (12): 1695-1724.
- Cárdenas-Barrón, Leopoldo Eduardo, Kun-Jen Chung, y Gerardo Treviño-Garza. 2014. «Celebrating a century of the economic order quantity model in honor of Ford Whitman Harris.» *International Journal of Production Economics* 155 (septiembre): 1-7.
- Carstensen, Peter. 1999. «Das Economic Lot Scheduling Problem – Überblick und LP-basiertes Verfahren», 429-460.
- Chan, Hing Kai, Sai Ho Chung, y Ming K. Lim. 2013. «Recent research trend of economic-lot scheduling problems.» Editado por Sabry Shaaban. *Journal of Manufacturing Technology Management* 24 (3): 465-482.
- Cheng, T.C.E. 1991. «An Economic Order Quantity Model with Demand-Dependent Unit Production Cost and Imperfect Production Processes.» *IIE Transactions* 23 (1). Taylor & Francis Group: 23-28.
- Christopher, Martin. 2007. *Logistics and Supply Chain Management: Strategies for Reducing Cost and Improving Service (Second Edition)*. Taylor & Francis Group.
- Coronado-Hernandez, Jairo R. 2015. «Análisis del efecto de algunos factores de complejidad e incertidumbre en el rendimiento de las Cadenas de Suministro. Propuesta de una herramienta de valoración basada en simulación.» Universidad Politécnica de Valencia.
- Cortés-Fibla, Raúl, Pilar I. Vidal-Carreras, y Jose P. Garcia-Sabater. 2015. «Considering product dimensionality and utilization rates on the performance of different production strategies for the economic lot scheduling problem.» En *CIE45 Proceedings*. Metz.
- Davis, Samuel G. 1990. «Scheduling Economic Lot Size Production Runs.» *Management Science* 36 (8). INFORMS: 985-998.
- Delporte, Christian M., y L. Joseph Thomas. 1977. *Lot sizing and sequencing for n products on one facility. Management Science*. Vol. 23.

- Deshmukh, Abhijit V., Joseph J. Talavage, y Moshe M. Barash. 2015. «Complexity in Manufacturing Systems, Part 1: Analysis of Static Complexity.» *IIE Transactions* 30 (7). Kluwer Academic Publishers: 645-655. Accedido septiembre 27.
- Dobson, G. 1987. «The Economic Lot-Scheduling Problem: Achieving Feasibility Using Time-Varying Lot Sizes.» *Operations Research* 35 (5): 764-771.
- Dobson, Gregory. 1992. «The Cyclic Lot Scheduling Problem with Sequence-Dependent *Setups*.» *Operations Research* 40 (4). INFORMS: 736-749.
- Dodin, Bajis. 1985. «Scheduling N Products on a Single Facility with Allowed Backordering.» *International Journal of Production Research* 23 (2). Taylor & Francis Group: 329-344.
- Doll, C Loren, y D Clay Whybark. 1973. «An Iterative Procedure For The Single-Machine Multi-Product Lot Scheduling Problem» 20 (1): 50-55.
- Edward A. Silver. 1990. «Deliberately Slowing down Output in a Family Production Context.» *International Journal of Production Research* 28 (1). Taylor & Francis Group: 17-27.
- Elion, Samuel. 1962. *Elements of Production Planning and Control*. New York: Macmillan.
- Elmaghraby, S. E. 1978. «The economic lot scheduling problem (ELSP): review and extensions.» *Management Science* 24 (6): 587-598.
- Erlenkotter, Donald. 1990. «Ford Whitman Harris and the Economic Order Quantity Model.» *Operations Research* 38 (6): 937-946.
- Erlenkotter, Donald. 2014. «Ford Whitman Harris's economical lot size model.» *International Journal of Production Economics* 155 (February 1913). Elsevier: 12-15.
- Eynan, Amit. 2003. «The Benefits of Flexible Production Rates in the Economic Lot Scheduling Problem.» *IIE Transactions* 35 (11). Informa UK Ltd: 1057-1064.
- Faaland, Bruce H., Thomas G. Schmitt, y Antonio Arreola-Risa. 2004. «Economic Lot Scheduling with Lost Sales and *Setup* Times.» *IIE Transactions* 36 (7). Taylor & Francis Group: 629-640.
- Federgruen, a., y Z. Katalan. 1996. «The Stochastic Economic Lot Scheduling Problem: Cyclical Base-Stock Policies with Idle Times.» *Management Science* 42 (6): 783-796.
- Federgruen, a., y Z. Katalan. 1998. «Determining Production Schedules Under Base-Stock Policies in Single Facility Multi-Item Production Systems.» *Operations Research* 46 (6): 883-898.
- Fogarty, Donald W., John H. Blackstone, y Thomas Russell Hoffmann. 1991. *Production & Inventory Management*.

- Fransoo, Jan C. 1992. «Demand Management and Production Control in Process Industries.» *International Journal of Operations & Production Management*, abril. MCB UP Ltd.
- Fransoo, Jan C. 1993. «Production Control and demand management in capacited flow process industries.»
- Fransoo, Jan C., V. Sridharan, y J. Will M. Bertrand. 1995. «A hierarchical approach for capacity coordination in multiple products single-machine production systems with stationary stochastic demands.» *European Journal of Operational Research* 86 (95): 57-72.
- Frizelle, G. D. M. 1996. «Getting e measure of coimplexity.» *Manufacturing Engineer* 75 (6): 268-270.
- Frizelle, G., y E. Woodcock. 1995. «Measuring complexity as an aid to developing operational strategy.» *International Journal of Operations & Production Management* 15 (5): 26-39.
- Gallego, Guillermo. 1990. «Scheduling The Production Of Several Items With Random Demands In A Single Facility», n.º December.
- Gallego, Guillermo, y Ilkyeong Moon. 1992. «The Effect of Externalizing *Setups* in the Economic Lot Scheduling Problem.» *Operations Research* 40 (3). INFORMS: 614-619.
- Gallego, Guillermo, y Robin Roundy. 1992. «The economic lot scheduling problem with finite backorder costs.» *Naval Research Logistics* 39 (5): 729-739.
- Gallego, Guillermo, y Dong Xiao Shaw. 1997. «Complexity of the ELSP with general cyclic schedules.» *IIE Transactions* 29 (2): 109-113.
- Galvin, Thomas M. 1987. «simulating the economic lot scheduling problem i model desc.» *Production and inventory management journal* 28 (4).
- Garcia-Sabater, Jose P. 2015. «Introducción de Complejidad e Incertidumbre en Dirección de Operaciones.» Riunet. Repositorio Institucional UPV.
- Garey, M.R., y D.S. Johnson. 1979. *Computers and Intractability: Aguide to the theory of NP-Completness*. San Francisco, CA: W.H. Freeman and Co.
- Gascon, André. 1988. «The Lookahead Heuristic for Multi-Item Single Machine Production Scheduling with Dynamic Stochastic Demands.» *Infor* 26 (2): 114-126.
- Gascon, André, Robert C. Leachman, y P. Lefrancois. 1994. «Multi\_item\_single\_machine scheduling problem with stochastic demands\_ a comparison of heuristics.pdf.» *International Journal of Production Research*.

- Gonçalves, José F., Robert C. Leachman, André Gascon, y Zhong K. Xiong. 1994. «A Heuristic Scheduling Policy for Multi-Item, Multi-Machine Production Systems with Time-Varying, Stochastic Demands.» *Management Science* 40 (11). INFORMS: 1455-1468.
- Goyal, S. K. 1973. «Lot Size Scheduling on a Single Machine for Stochastic Demand.» *Management Science* 19 (11). INFORMS: 1322-1325.
- Graves, Stephen C. 1980. «The Multi-Product Production Cycling Problem.» *A I I E Transactions* 12 (3). Taylor & Francis Group: 233-240.
- Gupta, Diwakar. 1992. «On the economic lot scheduling problem with backlogging: The common cycle approach.» *Operations Research Letters* 12 (2): 101-109.
- Haessler, Robert W. 1971. «Letter to the Editor—A Note on Scheduling a Multi-Product Single Machine System for an Infinite Planning Period.» *Management Science* 18 (4-part-i). INFORMS: B - 240 - B - 241.
- Haessler, Robert W. 1979. «An Improved Extended Basic Period Procedure for Solving the Economic Lot Scheduling Problem.» *A I I E Transactions* 11 (4). Taylor & Francis Group: 336-340.
- Haessler, Robert W., y Steven L. Hogue. 1976. «Note—A Note on the Single-Machine Multi-Product Lot Scheduling Problem.» *Management Science* 22 (8): 909-912.
- Hahm, Juho, y Candace Arai Yano. 1995. «The Economic Lot and Delivery Scheduling Problem: Powers of Two Policies.» *Transportation Science* 29 (3). INFORMS: 222-241.
- Hanssmann, F. 1962. *Operations Research in Production and Inventory Control*. New York: John Wiley and Sons.
- Harris, Ford W. 1913. «How Many Parts to Make at Once.» *The magazine of Management* 10 (2): 135-136 - 152.
- Holmbom, Martin, y Anders Segerstedt. 2014. «Economic Order Quantities in production: From Harris to Economic Lot Scheduling Problems.» *International Journal of Production Economics* 155 (septiembre). Elsevier: 82-90.
- Holmbom, Martin, Anders Segerstedt, y Erik van der Sluis. 2013. «A solution procedure for Economic Lot Scheduling Problems even in high utilisation facilities.» *International Journal of Production Research* 51 (12): 3765-3777.
- Hsu, Wen Lian. 1983. «On the general feasibility test of scheduling lot sizes for several products on one machine.» *Management Science*.
- Jones, Philip C, y Robert R Inman. 1989. «When Is The Economic Lot Scheduling Problem Easy ?» *IIE Transactions* 21 (March): 11-20.

- Kelle, P., G. Clendenen, y P. Dardeau. 1994. «Economic lot scheduling heuristic for random demands.» *International Journal of Production Economics* 35 (1-3): 337-342.
- Khouja, Moutaz. 1997. «The scheduling of economic lot sizes on volume flexible production systems.» *International Journal of Production Economics* 48 (1): 73-86.
- Khouja, Moutaz, y Abraham Mehrez. 1994. «Economic Production Lot Size Model with Variable Production Rate and Imperfect Quality.» *Journal of the Operational Research Society* 45 (12). Nature Publishing Group: 1405-1417.
- Khoury, B N, N E Abboud, y M M Tannous. 2001. «The common cycle approach to the ELSP problem with insufficient capacity» 73: 189-199.
- Kim, Chang Hyun, Yushin Hong, y Soo-Young Kim. 1997. «An extended optimal lot sizing model with an unreliable machine.» *Production Planning & Control* 8 (6): 577-585.
- Leachman, R. C., Z. K. Xiong, a. Gascon, y K. Park. 1991. «Note: An Improvement to the Dynamic Cycle Lengths Heuristic for Scheduling the Multi-Item, Single-Machine.» *Management Science* 37 (9): 1201-1205.
- Leachman, Robert C., y André Gascon. 1988. «A Heuristic Scheduling Policy for Multi-Item, Single-Machine Production Systems with Time-Varying, Stochastic Demands.» *Management Science* 34 (3): 377-390.
- Levén, Erik, y Anders Segerstedt. 2007. «A scheduling policy for adjusting economic lot quantities to a feasible solution.» *European Journal of Operational Research* 179 (2): 414-423.
- Löhndorf, Nils, y Stefan Minner. 2013a. «Simulation optimization for the stochastic economic lot scheduling problem Simulation optimization for the stochastic economic lot scheduling problem.» *IIE Transactions*, n.º 2002: 37-41.
- Löhndorf, Nils, y Stefan Minner. 2013b. «Simulation optimization for the stochastic economic lot scheduling problem Simulation optimization for the stochastic economic lot scheduling problem.» *IIE Transactions*, 37-41.
- Löhndorf, Nils, Manuel Riel, y Stefan Minner. 2014. «Simulation optimization for the stochastic economic lot scheduling problem with sequence-dependent *setup* times.» *International Journal of Production Economics* 157. Elsevier: 170-176.
- Ma, Wen N., Dah Chuan Gong, y Gary C. Lin. 2010. «An optimal common production cycle time for imperfect production processes with scrap.» *Mathematical and Computer Modelling* 52 (5-6). Elsevier Ltd: 724-737.

- Madigan, J.G. 1968. «Scheduling A Multi-Product Single Machine System For An Infinite Planning Period \*.» *Management Science* 14 (11): 713-720.
- Magee, J.F, y D.M. Boodman. 1967. *Production Planning And Inventory Control*.
- Marin-Garcia, Juan A., y Julio J. Garcia-Sabater. 2011. «Cálculo de indicadores productivos.» *RiuNet Repositorio Institucional de la Universitat Politècnica de València*.
- Maxwell, William L. 1964. «The scheduling of economic lot sizes.» *Naval Research Logistics Quarterly* 11 (2): 89-124.
- Modrak, V., y P. Semanco. 2012. «Structural complexity assessment: A design and management tool for supply chain optimization.» *Procedia CIRP* 3 (1): 227-232.
- Moon, Dug Hee, y David P. Christy. 1998. «Determination of optimal production rates on a single facility with dependent mold lifespan.» *International Journal of Production Economics* 54 (1): 29-40.
- Moon, I, B C Giri, y K Choi. 2002. «Economic lot scheduling problem with imperfect production processes and setup times.» *Journal of the Operational Research Society* 53 (6): 620-629.
- Narro Lopez, Miguel A., y Brian G. Kingsman. 1991. «The economic lot scheduling problem: theory and practice.» *International Journal of Production Economics* 23 (1-3): 147-164.
- Nilsson, Kristina, y Anders Segerstedt. 2008. «Corrections of costs to feasible solutions of economic lot scheduling problems.» *Computers & Industrial Engineering* 54 (1): 155-168.
- Öner, Selma, y Taner Bilgiç. 2008. «Economic lot scheduling with uncontrolled co-production.» *European Journal of Operational Research* 188 (3): 793-810.
- Paternina-Arboleda, Carlos D., y Tapas K. Das. 2005. «A multi-agent reinforcement learning approach to obtaining dynamic control policies for stochastic lot scheduling problem.» *Simulation Modelling Practice and Theory* 13 (5): 389-406.
- Qiu, Jin, y Richard Loulou. 1995. «Multiproduct production/inventory control under random demands.» *IEEE Transactions on Automatic Control* 40 (2): 350-356.
- Qiu, Xuan, y Hui-you Chang. 2009. «A Hybrid Genetic Algorithm For Solving The Economic Lot Scheduling Problem ( ELSP )», n.º July: 12-15.
- Rogers, Jack. 1958. «A Computational Approach To The Economic Lot Scheduling Problem.» *Management Science* 4 (3) (April): 264-291.
- Ronald H. Ballou. 1999. *Business Logistics Management*. 4th Editio. New Jersey: Prentice Hall.

- Rother, Mike, y John Shook. 1998. *Learning to See: Value Stream Mapping to Add Value and Eliminate MUDA*. Brookline, MA: The Lean Enterprise Institute.
- Scuricini, Giovan B. 1988. «Complexity in large technological systems.» En *Measures of Complexity*, editado por L. Peliti y A. Vulpiani, 314:83-101. Lecture Notes in Physics. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.
- Segerstedt, Anders. 1998. *Beyond Manufacturing Resource Planning (MRP II)*. Editado por Andreas Drexel y Alf Kimms. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.
- Segerstedt, Anders. 1999. «Lot sizes in a capacity constrained facility with available initial inventories.» *International Journal of Production Economics* 59 (1-3): 469-475.
- Shigeo Shingo. 1985. *A Revolution in Manufacturing: The SMED System*. Cambridge, MA: Productivity Press.
- Shirodkar, Vinay A., V. Madhusudanan Pillai, y R. Sridharan. 2011. «On the Feasibility of Sequence-Dependent Economic Lot Scheduling Problem.» *International Journal of Production Research* 49 (10). Taylor & Francis Group: 2925-2939.
- Silver, E. A., David F. Pyke, y R. Peterson. 1988. *Inventory Management and Production Planning and Scheduling (Third Edition)*. John Wiley and Sons.
- Silver, Edward A., David F. Pyke, y Rein Peterson. 1998. «Inventory Management And Production Planning And Scheduling, 3rd Ed.» *Wiley*.
- Sivadasan, S., J. Efstathiou, a. Calinescu, y L. Huaccho Huatuco. 2006. «Advances on measuring the operational complexity of supplier-customer systems.» *European Journal of Operational Research* 171 (1): 208-226.
- Smits, Sanne R., Michael Wagner, y Ton G. De Kok. 2004. «Determination of an order-up-to policy in the stochastic economic lot scheduling model.» *International Journal of Production Economics* 90 (3): 377-389.
- Soman, Chetan Anil. 2005. «Make-to-order and make-to-stock in food processing industries.»
- Soman, D. P. Van Donk, y G. J. C. Gaalman. 2004. «A basic period approach to the economic lot scheduling problem with shelf life considerations.» *International Journal of Production Research* 42 (8): 1677-1689.
- Soman, Dirk Pieter van Donk, y Gerard Gaalman. 2006. «Comparison of dynamic scheduling policies for hybrid make-to-order and make-to-stock production systems with stochastic demand.» *International Journal of Production Economics* 104 (2): 441-453.



- Sox, Charles R., Peter L. Jackson, Alan Bowman, y John a. Muckstadt. 1999. «A review of the stochastic lot scheduling problem.» *International Journal of Production Economics* 62 (3): 181-200.
- Stankard, M F, y S K Gupta. 1969. «A note on Bomberger's approach to lot size scheduling: Heuristic proposed.» *Management science* 15 (7): 449-452.
- Taft, E.W. 1918. «The most economical production lot.» *Iron age* 101: 1410-1412.
- Vaughan, Timothy S. 2007. «Cyclical schedules vs. dynamic sequencing: Replenishment dynamics and inventory efficiency.» *International Journal of Production Economics* 107 (2): 518-527.
- Vaughan, Timothy S. 2009. «Alternative control mechanisms for cyclical scheduling systems.» *International Journal of Production Research* 47 (January 2015): 6321-6332.
- Vergin, Roger C, y Terry N Lee. 1978. «Scheduling Rules For The Multiple Product.» *Infor* 16 (1): 64-74.
- Vidal-Carreras, Pilar I, Jose P Garcia-Sabater, Manel Mateo Doll, y Juan A Marín-. 2009. «Estabilidad del horizonte de programación en la aplicación de heurísticas al problema del ELSP con Coproducción Deliberada.»
- Vidal-Carreras, Pilar I. 2011. «Modelos y métodos para el problema de programación del lote económico con coproducción deliberada y controlada (DCC-ELSP).» UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA.
- Wagner, Bret J., y Darwin J. Davis. 2002. «A search heuristic for the sequence-dependent economic lot scheduling problem.» *European Journal of Operational Research* 141 (1): 133-146.
- Wagner, Michael, y Sanne R. Smits. 2004. «A local search algorithm for the optimization of the stochastic economic lot scheduling problem.» *International Journal of Production Economics* 90 (3): 391-402.
- Wilding, Richard. 1998. «The supply chain complexity triangle: Uncertainty generation in the supply chain.» *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management* 28 (8): 599-616.
- Wilson, R.H. 1934. «A scientific routine for stock control.» *Harvard business review* 13 (1): 116-128.
- Winands, E.M.M., I.J.B.F. Adan, y G.J. van Houtum. 2011. «The stochastic economic lot scheduling problem: A survey.» *European Journal of Operational Research* 210 (1). Elsevier B.V.: 1-9.
- Yao, Ming Jong, y S E Elmaghraby. 2001. «T h e E c o n o m i c Lot Scheduling P r o b l e m under P o w e r - O f - T w o Policy.» *Computers & Mathematics with applications* 41: 1379-1393.

Zipkin, P.H. 2000. *Foundations of Inventory Management*. Editado por McGraw-Hill. London:  
McGraw-Hill.

# Apéndice

## Resultados de los experimentos

En este apéndice se muestran tabulados los resultados para cada una de las instancias de los experimentos descritos en el capítulo 5.

Experimento E1

La Tabla A 1 muestra los datos de cada instancia experimento E1. Este experimento se lleva a cabo con el data set de Bomberger mostrado en la Tabla 5.1

Tabla A 1 Resultados experimento E1

Número de items	Instancia	Completed	CoV Demanda	HEUR	Utilización	Csetup	Cholding	Cnondelivery	Ctotal(H+S+ND)	Mtotal	%M1	%M2	%M3	%M4	%M5
10	E1_A10_1	1 of 1	0	Heur1	0.22	2102,50	2189,00	121,88	4413,38	422	57,8%	13,5%	2,4%	0,2%	0,2%
10	E1_A10_2	1 of 1	0	Heur2	0.22	2771,25	2993,25	5,21	5769,71	410	59,8%	18,5%	4,1%	0,0%	0,0%
10	E1_A10_3	1 of 1	0	Heur3	0.22	2127,50	2179,25	46,82	4353,57	412	57,5%	14,8%	1,5%	0,5%	0,0%
10	E1_A10_4	1 of 1	0	Heur1p	0.22	2247,50	2016,75	364,11	4628,36	425	55,3%	13,4%	2,6%	0,0%	0,0%
10	E1_A10_5	1 of 1	0	Heur2p	0.22	2771,25	2975,50	4,20	5750,95	446	54,0%	8,1%	0,2%	0,0%	0,0%
10	E1_A10_6	1 of 1	0	Heur3p	0.22	2142,50	2173,75	8,54	4324,79	423	56,3%	12,3%	0,5%	0,0%	0,0%
10	E1_A10_7	1 of 1	0	Heur4	0.22	1946,25	2203,00	296,22	4445,47	411	56,4%	13,1%	3,4%	0,7%	0,0%
10	E1_A10_8	1 of 1	0	Heur5	0.22	2730,00	3032,50	1,00	5763,50	340	70,9%	43,2%	28,8%	14,7%	0,9%
10	E1_A10_9	1 of 1	0	Heur6	0.22	2002,50	2177,75	20,87	4201,12	330	66,1%	30,6%	17,6%	8,2%	4,8%
10	E1_A10_10	1 of 1	0	Heur7	0.22	1168,75	3910,00	756,73	5835,48	579	20,2%	0,2%	0,0%	0,0%	0,0%
10	E1_A10_11	1 of 1	0	Heur8	0.22	3112,50	2935,50	0,00	6048,00	878	33,3%	2,4%	0,0%	0,0%	0,0%
10	E1_A10_12	1 of 1	0	Heur9	0.22	3031,25	2910,25	0,00	5941,50	381	100,0%	97,9%	79,3%	40,7%	11,0%
10	E1_A10_13	1 of 1	0	Heur10	0.22	2015,00	2116,00	609,85	4740,85	230	98,7%	95,2%	90,4%	84,8%	78,7%
10	E1_A10_14	1 of 1	0	Heur1	0.44	2730,00	3101,75	1017,45	6849,20	495	66,7%	29,7%	10,9%	4,8%	2,6%
10	E1_A10_15	1 of 1	0	Heur2	0.44	3688,75	4531,25	30,10	8250,10	528	61,7%	23,3%	8,3%	0,4%	0,0%
10	E1_A10_16	1 of 1	0	Heur3	0.44	2762,50	2967,00	265,01	5994,51	447	66,0%	36,7%	17,2%	5,4%	1,3%
10	E1_A10_17	1 of 1	0	Heur1p	0.44	3226,25	2926,00	178,69	6330,94	568	62,0%	23,9%	7,7%	1,8%	0,2%
10	E1_A10_18	1 of 1	0	Heur2p	0.44	3837,50	4110,50	92,95	8040,95	542	62,5%	25,5%	9,6%	4,2%	2,2%
10	E1_A10_19	1 of 1	0	Heur3p	0.44	3060,00	2923,00	368,17	6351,17	559	60,8%	24,5%	8,8%	3,2%	0,9%
10	E1_A10_20	1 of 1	0	Heur4	0.44	2695,00	3269,75	286,82	6251,57	512	64,3%	26,6%	10,5%	5,3%	2,0%
10	E1_A10_21	1 of 1	0	Heur5	0.44	3740,00	4580,25	0,75	8321,00	493	66,3%	34,1%	20,7%	7,1%	0,4%
10	E1_A10_22	1 of 1	0	Heur6	0.44	2763,75	3257,50	81,64	6102,89	505	61,2%	24,4%	13,9%	8,9%	6,1%
10	E1_A10_23	1 of 1	0	Heur7	0.44	1796,25	4387,50	2403,40	8587,15	1067	18,5%	0,2%	0,0%	0,0%	0,0%
10	E1_A10_24	1 of 1	0	Heur8	0.44	4228,75	4269,00	0,00	8497,75	1403	28,4%	0,4%	0,0%	0,0%	0,0%
10	E1_A10_25	1 of 1	0	Heur9	0.44	4123,75	4224,00	0,00	8347,75	506	100,0%	90,3%	71,5%	45,8%	18,0%
10	E1_A10_26	1 of 1	0	Heur10	0.44	2763,75	3079,00	1773,78	7616,53	312	97,4%	94,2%	90,1%	83,7%	76,6%
10	E1_A10_27	1 of 1	0	Heur1	0.66	3308,75	4007,00	1448,70	8764,45	536	68,7%	35,1%	16,8%	7,3%	3,2%
10	E1_A10_28	1 of 1	0	Heur2	0.66	4400,00	5767,75	17,83	10185,58	598	64,0%	28,1%	13,2%	6,5%	1,8%
10	E1_A10_29	1 of 1	0	Heur3	0.66	3196,25	3703,25	1025,69	7925,19	474	76,8%	54,2%	40,1%	27,8%	15,2%
10	E1_A10_30	1 of 1	0	Heur1p	0.66	4492,50	2922,50	2660,24	10075,24	606	60,6%	31,7%	14,2%	5,9%	2,1%
10	E1_A10_31	1 of 1	0	Heur2p	0.66	5380,00	3916,00	827,50	10123,50	592	67,9%	40,5%	23,1%	12,0%	6,9%
10	E1_A10_32	1 of 1	0	Heur3p	0.66	4668,75	2811,25	3155,39	10635,39	622	59,8%	31,5%	15,0%	5,6%	0,8%
10	E1_A10_33	1 of 1	0	Heur4	0.66	3217,50	4121,50	636,89	7975,89	516	67,1%	35,9%	20,0%	11,8%	5,8%
10	E1_A10_34	1 of 1	0	Heur5	0.66	4400,00	5975,00	11,55	10386,55	431	89,3%	79,6%	70,1%	60,6%	51,5%
10	E1_A10_35	1 of 1	0	Heur6	0.66	3292,50	4193,50	133,09	7619,09	527	69,1%	40,6%	25,2%	14,8%	6,5%
10	E1_A10_36	1 of 1	0	Heur7	0.66	2240,00	5198,75	4036,40	11475,15	1492	15,9%	0,3%	0,0%	0,0%	0,0%
10	E1_A10_37	1 of 1	0	Heur8	0.66	5183,75	5505,25	0,00	10689,00	1932	28,7%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
10	E1_A10_38	1 of 1	0	Heur9	0.66	4733,75	5206,75	0,50	9941,00	585	100,0%	90,3%	72,5%	49,6%	28,4%
10	E1_A10_39	1 of 1	0	Heur10	0.66	3233,75	3844,00	3661,13	10738,88	380	98,7%	96,3%	92,4%	86,8%	79,2%
10	E1_A10_40	1 of 1	0	Heur1	0.88	3577,50	4294,00	6091,03	13962,53	480	66,5%	38,5%	21,9%	11,3%	4,8%
10	E1_A10_41	1 of 1	0	Heur2	0.88	4837,50	5515,25	217,68	10570,43	500	81,2%	63,8%	47,8%	35,0%	26,0%
10	E1_A10_42	1 of 1	0	Heur3	0.88	3650,00	4266,00	5030,46	12946,46	470	73,8%	51,7%	36,0%	24,7%	13,6%
10	E1_A10_43	1 of 1	0	Heur1p	0.88	4427,50	2142,00	20622,30	27191,80	587	50,8%	19,1%	7,7%	3,1%	1,0%
10	E1_A10_44	1 of 1	0	Heur2p	0.88	5281,25	2700,75	11955,00	19937,00	550	51,5%	23,6%	10,9%	5,1%	3,3%
10	E1_A10_45	1 of 1	0	Heur3p	0.88	4485,00	2117,25	20839,10	27441,35	600	53,8%	20,7%	4,7%	2,2%	0,7%
10	E1_A10_46	1 of 1	0	Heur4	0.88	3301,25	4547,00	7216,77	15065,02	446	61,9%	33,9%	18,4%	7,4%	2,9%
10	E1_A10_47	1 of 1	0	Heur5	0.88	4852,50	7546,00	2,89	12401,39	521	82,1%	65,1%	48,4%	39,7%	31,5%
10	E1_A10_48	1 of 1	0	Heur6	0.88	3345,00	4578,00	5839,32	13762,32	458	64,0%	37,3%	22,5%	14,4%	8,5%
10	E1_A10_49	1 of 1	0	Heur7	0.88	2455,00	5191,25	11244,80	18891,05	1812	15,5%	0,6%	0,0%	0,0%	0,0%
10	E1_A10_50	1 of 1	0	Heur8	0.88	4728,75	5802,25	21,79	10552,79	2405	21,1%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
10	E1_A10_51	1 of 1	0	Heur9	0.88	4836,25	4542,25	827,31	10205,81	556	100,0%	98,9%	92,3%	70,7%	40,1%
10	E1_A10_52	1 of 1	0	Heur10	0.88	3737,50	5608,25	1629,76	10975,51	439	99,3%	97,3%	93,2%	87,9%	82,0%
10	E1_A10_53	10 of 10	0,1	Heur1	0.22	2102,75	2203,15	52,46	4358,36	420,9	57,330%	13,257%	2,091%	0,356%	0,048%
10	E1_A10_54	10 of 10	0,1	Heur2	0.22	2712,63	3002,13	9,59	5724,35	425,5	58,2%	14,5%	1,9%	0,0%	0,0%
10	E1_A10_55	10 of 10	0,1	Heur3	0.22	2114,75	2198,50	27,96	4341,21	412,6	58,3%	15,0%	3,5%	1,0%	0,2%
10	E1_A10_56	10 of 10	0,1	Heur1p	0.22	2266,25	2059,95	82,78	4408,98	432,7	55,8%	14,0%	2,8%	0,5%	0,1%

Número de ítems	Instancia	Completed	CoV Demanda	HEUR	Utilización	Csetup	Cholding	Cnodelivery	Ctotal(H+S+ND)	Mtotal	%M1	%M2	%M3	%M4	%M5
10	EL_A10_57	10 of 10	0,1	Heur2p	0,22	2762,00	2874,18	11,95	5648,13	445,9	55,7%	10,1%	1,3%	0,1%	0,0%
10	EL_A10_58	10 of 10	0,1	Heur3p	0,22	2192,00	2143,43	56,36	4391,79	432,8	56,0%	11,6%	2,4%	0,5%	0,1%
10	EL_A10_59	10 of 10	0,1	Heur4	0,22	1946,50	2212,55	287,55	4446,60	404,7	55,0%	12,6%	3,0%	0,6%	0,0%
10	EL_A10_60	10 of 10	0,1	Heur5	0,22	2714,50	3051,25	10,26	5776,01	346,6	60,7%	26,9%	15,9%	8,7%	4,5%
10	EL_A10_61	10 of 10	0,1	Heur6	0,22	2002,75	2206,70	32,06	4241,51	333,4	63,1%	27,7%	13,9%	6,6%	2,7%
10	EL_A10_62	10 of 10	0,1	Heur7	0,22	1181,25	4020,70	148,22	5350,17	586,1	20,8%	0,4%	0,0%	0,0%	0,0%
10	EL_A10_63	10 of 10	0,1	Heur8	0,22	3221,50	3090,30	0,00	6311,80	857,6	33,1%	2,4%	0,0%	0,0%	0,0%
10	EL_A10_64	10 of 10	0,1	Heur9	0,22	3103,75	3034,23	0,00	6137,98	380,6	97,2%	87,7%	64,0%	34,3%	11,8%
10	EL_A10_65	10 of 10	0,1	Heur10	0,22	2021,63	2098,53	690,73	4810,89	227,7	98,8%	96,4%	92,3%	86,5%	79,5%
10	EL_A10_66	10 of 10	0,1	Heur1	0,44	2740,63	3151,85	786,53	6679,01	511,4	63,9%	25,3%	10,2%	3,7%	1,2%
10	EL_A10_67	10 of 10	0,1	Heur2	0,44	3702,50	4579,58	21,23	8303,31	571,3	58,3%	15,3%	3,0%	0,4%	0,0%
10	EL_A10_68	10 of 10	0,1	Heur3	0,44	2774,75	3232,35	112,83	6119,93	528,6	62,3%	23,3%	9,2%	3,5%	1,1%
10	EL_A10_69	10 of 10	0,1	Heur1p	0,44	3169,38	2928,30	348,23	6445,91	569,9	59,8%	22,0%	8,0%	2,3%	0,6%
10	EL_A10_70	10 of 10	0,1	Heur2p	0,44	4000,50	3819,93	142,60	7963,03	558,4	63,3%	25,5%	9,8%	3,7%	1,5%
10	EL_A10_71	10 of 10	0,1	Heur3p	0,44	3235,13	2891,33	348,73	6475,19	565,1	60,6%	23,3%	8,3%	2,6%	0,6%
10	EL_A10_72	10 of 10	0,1	Heur4	0,44	2694,88	3290,23	292,79	6277,90	508,4	59,0%	20,8%	7,6%	3,0%	0,8%
10	EL_A10_73	10 of 10	0,1	Heur5	0,44	3733,75	4609,45	13,15	8356,35	492,4	62,6%	28,7%	15,4%	8,6%	3,9%
10	EL_A10_74	10 of 10	0,1	Heur6	0,44	2742,75	3293,63	74,81	6111,19	492,8	60,5%	24,2%	11,5%	6,3%	3,2%
10	EL_A10_75	10 of 10	0,1	Heur7	0,44	1872,75	4505,00	1511,21	7888,96	1077,7	18,6%	0,3%	0,0%	0,0%	0,0%
10	EL_A10_76	10 of 10	0,1	Heur8	0,44	4461,38	4508,88	0,00	8970,26	1433,3	27,6%	1,0%	0,0%	0,0%	0,0%
10	EL_A10_77	10 of 10	0,1	Heur9	0,44	4252,25	4402,90	0,00	8655,15	512,1	97,8%	86,2%	63,4%	35,9%	15,0%
10	EL_A10_78	10 of 10	0,1	Heur10	0,44	2708,88	3047,10	1968,69	7724,67	312,5	98,0%	94,5%	89,0%	81,4%	72,3%
10	EL_A10_79	10 of 10	0,1	Heur1	0,66	3287,38	4023,90	1047,81	8359,09	530,3	69,0%	37,8%	20,1%	10,1%	4,3%
10	EL_A10_80	10 of 10	0,1	Heur2	0,66	4405,88	5838,03	65,39	10309,30	595,6	65,2%	29,2%	12,9%	4,8%	1,6%
10	EL_A10_81	10 of 10	0,1	Heur3	0,66	3382,63	4029,85	354,25	7766,73	531,6	71,0%	41,3%	24,6%	14,9%	8,1%
10	EL_A10_82	10 of 10	0,1	Heur1p	0,66	4474,00	2928,18	3133,17	10535,35	618,2	60,6%	32,7%	15,5%	5,6%	1,4%
10	EL_A10_83	10 of 10	0,1	Heur2p	0,66	5374,63	4034,70	695,25	10104,58	593,3	69,1%	40,4%	21,7%	11,0%	5,3%
10	EL_A10_84	10 of 10	0,1	Heur3p	0,66	4640,63	2871,85	3115,73	10628,21	621,2	61,3%	33,6%	16,2%	5,8%	1,6%
10	EL_A10_85	10 of 10	0,1	Heur4	0,66	3202,25	4188,15	601,13	7991,53	516	65,2%	34,6%	19,0%	10,3%	5,1%
10	EL_A10_86	10 of 10	0,1	Heur5	0,66	4400,00	6046,63	24,33	10470,96	495,3	70,9%	45,4%	27,0%	16,3%	9,4%
10	EL_A10_87	10 of 10	0,1	Heur6	0,66	3273,75	4204,15	284,04	7761,94	524,9	66,5%	36,7%	21,3%	11,7%	5,1%
10	EL_A10_88	10 of 10	0,1	Heur7	0,66	2274,00	5313,65	3019,20	10606,85	1514,7	16,4%	0,3%	0,0%	0,0%	0,0%
10	EL_A10_89	10 of 10	0,1	Heur8	0,66	4826,88	5507,43	0,04	10334,35	1914,2	26,3%	0,2%	0,0%	0,0%	0,0%
10	EL_A10_90	10 of 10	0,1	Heur9	0,66	4676,13	5421,08	2,65	10099,86	569,5	98,0%	88,0%	67,8%	41,0%	17,7%
10	EL_A10_91	10 of 10	0,1	Heur10	0,66	3260,25	3884,75	3253,60	10398,60	376,1	98,1%	94,2%	88,0%	79,7%	70,2%
10	EL_A10_92	10 of 10	0,1	Heur1	0,88	3582,50	4299,50	6014,44	13896,44	487,5	68,9%	41,9%	25,0%	14,0%	6,9%
10	EL_A10_93	10 of 10	0,1	Heur2	0,88	4849,25	6825,70	164,73	11839,68	514,6	78,2%	56,6%	40,1%	28,2%	19,5%
10	EL_A10_94	10 of 10	0,1	Heur3	0,88	3613,63	4264,40	5150,98	13029,01	476,1	72,6%	48,2%	30,7%	17,9%	8,2%
10	EL_A10_95	10 of 10	0,1	Heur1p	0,88	4447,88	2145,33	20327,10	26920,31	588,6	51,6%	20,3%	7,8%	2,9%	0,8%
10	EL_A10_96	10 of 10	0,1	Heur2p	0,88	5334,25	2693,93	12776,50	20804,68	550,7	51,8%	23,8%	11,1%	5,0%	2,1%
10	EL_A10_97	10 of 10	0,1	Heur3p	0,88	4521,00	2057,45	21121,20	27699,65	599,2	51,6%	21,4%	8,3%	2,8%	0,9%
10	EL_A10_98	10 of 10	0,1	Heur4	0,88	3249,13	4564,80	7165,61	14979,54	450,8	62,0%	35,0%	19,5%	9,4%	4,1%
10	EL_A10_99	10 of 10	0,1	Heur5	0,88	4854,75	7555,60	21,98	12432,33	515,8	75,4%	54,7%	38,1%	25,5%	16,5%
10	EL_A10_100	10 of 10	0,1	Heur6	0,88	3332,25	4669,43	4999,90	13001,58	454,4	63,0%	37,3%	23,5%	14,0%	7,1%
10	EL_A10_101	10 of 10	0,1	Heur7	0,88	2466,13	5196,25	9397,77	17060,15	1821,5	15,7%	0,5%	0,0%	0,0%	0,0%
10	EL_A10_102	10 of 10	0,1	Heur8	0,88	4696,25	5981,23	6,06	10683,54	2405,9	20,9%	0,1%	0,0%	0,0%	0,0%
10	EL_A10_103	10 of 10	0,1	Heur9	0,88	4568,13	5181,88	505,08	10255,09	532,2	97,4%	92,0%	80,3%	56,3%	28,1%
10	EL_A10_104	10 of 10	0,1	Heur10	0,88	3883,13	5311,53	2160,59	11355,25	449,5	98,4%	95,1%	89,7%	82,4%	73,8%
10	EL_A10_105	10 of 10	0,3	Heur1	0,22	2094,13	2230,78	53,72	4378,63	418,9	57,8%	14,1%	3,1%	0,7%	0,2%
10	EL_A10_106	10 of 10	0,3	Heur2	0,22	2724,38	3018,93	11,21	5754,52	425,3	59,2%	15,6%	2,9%	0,6%	0,1%
10	EL_A10_107	10 of 10	0,3	Heur3	0,22	2102,75	2229,70	19,00	4351,45	419,7	57,9%	14,0%	3,2%	0,5%	0,0%
10	EL_A10_108	10 of 10	0,3	Heur1p	0,22	2247,13	2114,65	50,01	4411,79	436,5	54,9%	12,6%	2,4%	0,5%	0,1%
10	EL_A10_109	10 of 10	0,3	Heur2p	0,22	2836,00	2848,20	12,28	5696,48	442,1	57,2%	13,4%	2,4%	0,4%	0,0%
10	EL_A10_110	10 of 10	0,3	Heur3p	0,22	2199,63	2165,10	37,81	4402,54	431,9	56,1%	12,9%	2,7%	0,5%	0,0%
10	EL_A10_111	10 of 10	0,3	Heur4	0,22	1950,25	2232,15	297,54	4479,94	401,3	51,4%	11,2%	2,6%	0,4%	0,0%
10	EL_A10_112	10 of 10	0,3	Heur5	0,22	2705,50	3084,33	34,51	5824,34	383,6	47,0%	11,0%	4,2%	1,7%	0,7%
10	EL_A10_113	10 of 10	0,3	Heur6	0,22	2003,00	2230,30	105,61	4338,91	331,3	56,3%	22,3%	9,5%	4,2%	1,5%
10	EL_A10_114	10 of 10	0,3	Heur7	0,22	1187,00	4012,50	82,59	5282,09	588,9	20,9%	0,2%	0,0%	0,0%	0,0%
10	EL_A10_115	10 of 10	0,3	Heur8	0,22	3188,63	3251,18	0,00	6439,81	850,9	34,5%	2,3%	0,0%	0,0%	0,0%
10	EL_A10_116	10 of 10	0,3	Heur9	0,22	3062,92	3203,97	0,00	6266,89	378,778	93,1%	79,0%	53,7%	27,5%	10,3%
10	EL_A10_117	10 of 10	0,3	Heur10	0,22	2009,25	2106,00	715,03	4830,28	227,6	97,8%	93,3%	86,6%	77,8%	67,7%
10	EL_A10_118	10 of 10	0,3	Heur1	0,44	2763,88	3213,13	527,93	6504,94	516,8	63,3%	25,1%	9,8%	3,8%	1,4%
10	EL_A10_119	10 of 10	0,3	Heur2	0,44	3691,63	4542,40	76,39	8310,42	535,7	62,4%	22,7%	7,3%	2,3%	0,7%
10	EL_A10_120	10 of 10	0,3	Heur3	0,44	2772,50	3244,33	191,19	6208,02	522	62,2%	23,8%	8,8%	3,1%	0,8%
10	EL_A10_121	10 of 10	0,3	Heur1p	0,44	3267,13	2923,65	390,80	6581,58	563,2	60,3%	23,6%	8,3%	2,4%	0,5%
10	EL_A10_122	10 of 10	0,3	Heur2p	0,44	4131,75	3720,40	116,31	7968,46	557,6	64,5%	27,6%	10,8%	4,0%	1,5%
10	EL_A10_123	10 of 10	0,3	Heur3p	0,44	3252,75	2917,13	369,20	6539,08	564,1	60,7%	23,7%	8,5%	2,6%	0,7%

Efectos de la complejidad y la incertidumbre sobre el ELSF

Número de items	Instancia	Completed	CoV Demanda	HEUR	Utilización	Csetup	Cholding	Cnondelivery	Ctotal(H+S+ND)	Mtotal	%M1	%M2	%M3	%M4	%M5
10	EL_A10_124	10 of 10	0,3	Heur4	0,44	2702,25	3341,28	317,84	6361,37	499	54,9%	18,6%	6,6%	2,4%	0,6%
10	EL_A10_125	10 of 10	0,3	Heur5	0,44	3732,13	4669,25	60,17	8461,55	522,6	50,8%	13,9%	5,6%	2,3%	0,9%
10	EL_A10_126	10 of 10	0,3	Heur6	0,44	2732,75	3342,10	140,92	6215,77	480,5	56,4%	21,0%	8,0%	3,5%	1,3%
10	EL_A10_127	10 of 10	0,3	Heur7	0,44	1875,75	4643,50	828,79	7348,04	1086,9	18,7%	0,4%	0,0%	0,0%	0,0%
10	EL_A10_128	10 of 10	0,3	Heur8	0,44	4394,88	4770,38	0,00	9165,26	1430,9	28,0%	0,9%	0,0%	0,0%	0,0%
10	EL_A10_129	10 of 10	0,3	Heur9	0,44	4226,13	4679,55	0,00	8905,68	508,2	92,4%	77,0%	52,6%	26,2%	8,8%
10	EL_A10_130	10 of 10	0,3	Heur10	0,44	2736,25	3006,18	2116,67	7859,10	313,6	97,2%	91,5%	83,6%	73,4%	62,0%
10	EL_A10_131	10 of 10	0,3	Heur1	0,66	3288,00	4050,58	1103,07	8441,65	534,5	68,9%	36,9%	19,2%	9,0%	3,5%
10	EL_A10_132	10 of 10	0,3	Heur2	0,66	4358,88	5865,93	189,19	10414,00	554,7	67,8%	33,7%	16,3%	7,7%	3,5%
10	EL_A10_133	10 of 10	0,3	Heur3	0,66	3332,63	4026,08	896,81	8255,52	533,9	69,6%	38,2%	20,9%	10,8%	4,6%
10	EL_A10_134	10 of 10	0,3	Heur1p	0,66	4439,00	2966,45	3046,22	10451,67	622,4	60,1%	32,1%	14,4%	4,8%	1,0%
10	EL_A10_135	10 of 10	0,3	Heur2p	0,66	5442,25	4041,98	790,21	10274,44	593	67,9%	38,9%	20,2%	9,5%	4,4%
10	EL_A10_136	10 of 10	0,3	Heur3p	0,66	4748,00	2883,40	2820,91	10452,31	627,1	59,7%	32,1%	14,5%	5,0%	1,3%
10	EL_A10_137	10 of 10	0,3	Heur4	0,66	3202,00	4237,53	676,60	8116,13	511,2	59,2%	28,8%	14,8%	7,4%	3,2%
10	EL_A10_138	10 of 10	0,3	Heur5	0,66	4400,00	6201,23	71,36	10672,59	546,5	53,6%	22,1%	8,9%	3,8%	1,6%
10	EL_A10_139	10 of 10	0,3	Heur6	0,66	3285,38	4280,08	357,73	7923,19	527,6	59,8%	28,4%	14,6%	7,0%	2,5%
10	EL_A10_140	10 of 10	0,3	Heur7	0,66	2248,25	5362,98	2766,48	10377,71	1515,2	16,6%	0,5%	0,0%	0,0%	0,0%
10	EL_A10_141	10 of 10	0,3	Heur8	0,66	4806,13	5870,43	0,13	10676,69	1927,4	25,9%	0,5%	0,0%	0,0%	0,0%
10	EL_A10_142	10 of 10	0,3	Heur9	0,66	4635,88	5759,95	0,00	10395,83	565,2	93,6%	79,7%	57,0%	30,5%	11,7%
10	EL_A10_143	10 of 10	0,3	Heur10	0,66	3292,00	3860,43	3663,19	10815,62	378	97,4%	91,5%	82,9%	71,8%	58,7%
10	EL_A10_144	10 of 10	0,3	Heur1	0,88	3578,63	4329,70	6171,43	14079,76	489,1	69,5%	42,2%	24,5%	13,2%	6,1%
10	EL_A10_145	10 of 10	0,3	Heur2	0,88	4745,50	6680,50	712,30	12138,30	485,4	77,7%	55,5%	37,8%	25,0%	16,0%
10	EL_A10_146	10 of 10	0,3	Heur3	0,88	3611,38	4339,33	5341,65	13292,36	480	71,6%	46,1%	28,3%	16,2%	7,7%
10	EL_A10_147	10 of 10	0,3	Heur1p	0,88	4424,13	2133,48	21130,50	27688,11	590,4	49,9%	19,0%	7,2%	3,0%	0,8%
10	EL_A10_148	10 of 10	0,3	Heur2p	0,88	5329,63	2680,00	13149,40	21159,03	558,6	54,1%	25,1%	12,0%	5,4%	2,3%
10	EL_A10_149	10 of 10	0,3	Heur3p	0,88	4508,38	2092,83	20930,40	27531,61	593,9	51,8%	20,9%	8,3%	3,2%	0,9%
10	EL_A10_150	10 of 10	0,3	Heur4	0,88	3247,50	4633,53	6996,71	14877,74	448,3	61,2%	33,3%	18,4%	9,3%	3,4%
10	EL_A10_151	10 of 10	0,3	Heur5	0,88	4863,25	7593,10	101,33	12557,68	509,4	60,5%	35,1%	20,1%	11,1%	5,9%
10	EL_A10_152	10 of 10	0,3	Heur6	0,88	3320,25	4700,83	5487,74	13508,82	450,6	62,8%	36,7%	21,1%	11,2%	5,2%
10	EL_A10_153	10 of 10	0,3	Heur7	0,88	2474,63	5199,23	9918,73	17592,59	1822,9	15,5%	0,5%	0,0%	0,0%	0,0%
10	EL_A10_154	10 of 10	0,3	Heur8	0,88	4608,38	6357,88	14,97	10981,23	2401,9	21,1%	0,5%	0,0%	0,0%	0,0%
10	EL_A10_155	10 of 10	0,3	Heur9	0,88	4389,63	5873,45	273,43	10536,51	513,6	93,3%	82,4%	64,0%	39,1%	17,3%
10	EL_A10_156	10 of 10	0,3	Heur10	0,88	3868,63	5239,53	2712,24	11820,40	449,8	97,3%	91,5%	83,1%	72,4%	59,7%
10	EL_A10_157	10 of 10	0,5	Heur1	0,22	2088,63	2260,50	60,26	4409,39	419,9	58,4%	15,3%	3,3%	0,5%	0,1%
10	EL_A10_158	10 of 10	0,5	Heur2	0,22	2782,25	3016,95	18,34	5817,54	430,2	59,3%	15,7%	3,0%	0,5%	0,1%
10	EL_A10_159	10 of 10	0,5	Heur3	0,22	2104,75	2255,60	23,89	4384,24	426,1	57,3%	13,5%	2,6%	0,4%	0,0%
10	EL_A10_160	10 of 10	0,5	Heur1p	0,22	2243,25	2156,25	39,03	4437,53	436,7	55,3%	13,9%	2,7%	0,4%	0,0%
10	EL_A10_161	10 of 10	0,5	Heur2p	0,22	2884,13	2854,63	16,39	5755,15	447,7	57,6%	13,7%	2,6%	0,4%	0,1%
10	EL_A10_162	10 of 10	0,5	Heur3p	0,22	2236,75	2171,63	46,52	4454,90	437,2	56,9%	13,9%	3,1%	0,4%	0,0%
10	EL_A10_163	10 of 10	0,5	Heur4	0,22	1950,25	2238,78	397,74	4586,77	399,1	49,4%	11,8%	2,6%	0,3%	0,0%
10	EL_A10_164	10 of 10	0,5	Heur5	0,22	2703,00	3088,93	104,40	5896,33	390,5	40,9%	8,3%	2,2%	0,8%	0,5%
10	EL_A10_165	10 of 10	0,5	Heur6	0,22	2003,00	2245,93	251,42	4500,35	340,1	50,5%	18,1%	6,8%	2,8%	1,1%
10	EL_A10_166	10 of 10	0,5	Heur7	0,22	1194,25	4022,65	73,64	5290,54	591,4	20,8%	0,3%	0,0%	0,0%	0,0%
10	EL_A10_167	10 of 10	0,5	Heur8	0,22	3197,25	3414,95	0,00	6612,20	853,8	33,9%	2,3%	0,0%	0,0%	0,0%
10	EL_A10_168	10 of 10	0,5	Heur9	0,22	3076,63	3366,10	0,00	6442,73	379,9	89,2%	71,3%	46,7%	22,4%	7,3%
10	EL_A10_169	10 of 10	0,5	Heur10	0,22	2031,50	2106,10	764,75	4902,35	229,2	96,9%	91,1%	82,9%	72,9%	61,5%
10	EL_A10_170	10 of 10	0,5	Heur1	0,44	2841,38	3274,23	345,11	6460,72	523,7	62,3%	24,0%	8,9%	3,0%	0,9%
10	EL_A10_171	10 of 10	0,5	Heur2	0,44	3730,88	4564,53	107,22	8402,63	527,5	63,8%	24,9%	8,3%	2,5%	0,6%
10	EL_A10_172	10 of 10	0,5	Heur3	0,44	2821,88	3250,70	368,33	6440,91	521,7	62,5%	24,1%	8,5%	2,8%	0,8%
10	EL_A10_173	10 of 10	0,5	Heur1p	0,44	3274,00	2988,25	259,09	6521,34	569,6	59,4%	22,3%	7,1%	2,3%	0,6%
10	EL_A10_174	10 of 10	0,5	Heur2p	0,44	4130,13	3868,40	166,10	8164,63	558,1	65,2%	28,9%	11,0%	3,8%	1,1%
10	EL_A10_175	10 of 10	0,5	Heur3p	0,44	3249,25	2974,40	387,66	6611,31	568,3	60,1%	23,1%	8,0%	2,5%	0,6%
10	EL_A10_176	10 of 10	0,5	Heur4	0,44	2695,75	3367,80	557,05	6620,60	498,9	50,7%	16,3%	5,4%	1,7%	0,4%
10	EL_A10_177	10 of 10	0,5	Heur5	0,44	3730,88	4676,73	155,77	8563,38	533,1	46,8%	12,3%	4,0%	1,6%	0,6%
10	EL_A10_178	10 of 10	0,5	Heur6	0,44	2745,25	3365,38	332,85	6443,48	476,4	51,9%	17,8%	6,7%	2,5%	0,9%
10	EL_A10_179	10 of 10	0,5	Heur7	0,44	1884,75	4661,48	871,41	7417,64	1096,9	18,6%	0,4%	0,0%	0,0%	0,0%
10	EL_A10_180	10 of 10	0,5	Heur8	0,44	4387,63	5026,30	0,00	9413,93	1441,9	28,3%	1,5%	0,0%	0,0%	0,0%
10	EL_A10_181	10 of 10	0,5	Heur9	0,44	4233,50	4944,23	0,00	9177,73	507,5	88,5%	69,4%	44,2%	20,0%	6,1%
10	EL_A10_182	10 of 10	0,5	Heur10	0,44	2778,88	3017,08	2292,49	8088,45	318,2	96,3%	89,6%	80,6%	69,3%	56,1%
10	EL_A10_183	10 of 10	0,5	Heur1	0,66	3319,38	4015,23	1377,60	8712,21	524,3	68,5%	37,7%	19,6%	9,6%	4,2%
10	EL_A10_184	10 of 10	0,5	Heur2	0,66	4366,63	5867,68	332,00	10566,31	538,7	68,7%	35,8%	17,4%	8,1%	3,7%
10	EL_A10_185	10 of 10	0,5	Heur3	0,66	3320,38	4046,83	1240,06	8607,27	527,3	69,3%	38,2%	19,0%	9,1%	3,7%
10	EL_A10_186	10 of 10	0,5	Heur1p	0,66	4540,75	2973,55	3001,21	10515,51	619,5	58,4%	30,2%	13,0%	4,0%	0,8%
10	EL_A10_187	10 of 10	0,5	Heur2p	0,66	5472,63	4165,60	682,69	10320,92	597,2	66,7%	37,0%	18,6%	8,4%	3,8%
10	EL_A10_188	10 of 10	0,5	Heur3p	0,66	4806,00	2835,55	3238,64	10880,19	629,6	58,8%	30,4%	13,6%	4,4%	1,0%
10	EL_A10_189	10 of 10	0,5	Heur4	0,66	3227,88	4286,95	924,97	8439,80	513,5	55,5%	24,7%	11,4%	5,2%	2,2%

Número de items	Instancia	Completed	CoV Demanda	HEUR	Utilización	Csetup	Cholding	Cnondelivery	Ctotal(H+S+ND)	Mtotal	%M1	%M2	%M3	%M4	%M5
10	E1_A10_190	10 of 10	0,5	Heur5	0,66	4400,00	6219,00	170,98	10789,98	563,2	46,5%	15,9%	5,4%	2,2%	0,9%
10	E1_A10_191	10 of 10	0,5	Heur6	0,66	3280,38	4328,73	627,16	8236,27	532,3	53,8%	23,1%	10,7%	4,9%	1,9%
10	E1_A10_192	10 of 10	0,5	Heur7	0,66	2273,50	5423,68	2843,03	10540,21	1531,1	16,5%	0,4%	0,0%	0,0%	0,0%
10	E1_A10_193	10 of 10	0,5	Heur8	0,66	4829,25	6238,05	0,00	11067,30	1943,2	25,3%	0,7%	0,0%	0,0%	0,0%
10	E1_A10_194	10 of 10	0,5	Heur9	0,66	4651,13	6106,55	0,10	10757,78	560,6	88,9%	70,8%	45,8%	21,9%	7,1%
10	E1_A10_195	10 of 10	0,5	Heur10	0,66	3307,00	3827,65	4153,45	11288,10	381,5	95,8%	87,9%	77,5%	64,2%	49,7%
10	E1_A10_196	10 of 10	0,5	Heur1	0,88	3582,25	4353,10	6865,60	14800,95	488	69,4%	43,4%	25,0%	13,3%	6,0%
10	E1_A10_197	10 of 10	0,5	Heur2	0,88	4707,00	6612,15	1239,02	12558,17	470	76,0%	51,9%	33,8%	21,4%	12,6%
10	E1_A10_198	10 of 10	0,5	Heur3	0,88	3616,00	4337,18	5922,49	13875,67	482,9	70,7%	44,9%	26,7%	14,3%	5,9%
10	E1_A10_199	10 of 10	0,5	Heur1p	0,88	4405,63	2119,03	22474,60	28999,26	599,3	49,8%	18,9%	6,7%	2,3%	0,6%
10	E1_A10_200	10 of 10	0,5	Heur2p	0,88	5324,38	2705,38	13094,00	21123,76	558,7	52,1%	21,9%	9,2%	3,7%	1,7%
10	E1_A10_201	10 of 10	0,5	Heur3p	0,88	4522,38	2054,60	22202,50	28779,48	597,6	50,1%	19,2%	6,5%	2,4%	0,8%
10	E1_A10_202	10 of 10	0,5	Heur4	0,88	3251,50	4678,93	7289,41	15219,84	446,7	58,5%	31,0%	16,2%	7,9%	3,6%
10	E1_A10_203	10 of 10	0,5	Heur5	0,88	4817,63	7542,70	260,70	12621,03	483,3	57,3%	30,6%	16,6%	9,3%	5,1%
10	E1_A10_204	10 of 10	0,5	Heur6	0,88	3329,63	4742,58	5607,23	13679,44	451	59,8%	33,5%	19,0%	9,9%	3,8%
10	E1_A10_205	10 of 10	0,5	Heur7	0,88	2459,75	5275,13	10087,20	17822,08	1832,2	15,4%	0,6%	0,0%	0,0%	0,0%
10	E1_A10_206	10 of 10	0,5	Heur8	0,88	4491,38	6667,78	51,74	11210,90	2397,4	20,6%	0,6%	0,0%	0,0%	0,0%
10	E1_A10_207	10 of 10	0,5	Heur9	0,88	4274,13	6277,15	248,23	10799,51	500,9	89,7%	75,0%	54,8%	31,1%	12,8%
10	E1_A10_208	10 of 10	0,5	Heur10	0,88	3946,50	5150,83	3192,67	12290,00	460	95,2%	87,1%	75,9%	62,5%	47,2%
10	E1_A10_209		0	LowerBound	0,22	2037,00	2037,00		4074,00						
10	E1_A10_210		0,1	LowerBound	0,22	2037,00	2037,00		4074,00						
10	E1_A10_211		0,3	LowerBound	0,22	2037,00	2037,00		4074,00						
10	E1_A10_212		0,5	LowerBound	0,22	2037,00	2037,00		4074,00						
10	E1_A10_213		0	LowerBound	0,44	2818,00	2818,00		5636,00						
10	E1_A10_214		0,1	LowerBound	0,44	2818,00	2818,00		5636,00						
10	E1_A10_215		0,3	LowerBound	0,44	2818,00	2818,00		5636,00						
10	E1_A10_216		0,5	LowerBound	0,44	2818,00	2818,00		5636,00						
10	E1_A10_217		0	LowerBound	0,66	3372,00	3372,00		6744,00						
10	E1_A10_218		0,1	LowerBound	0,66	3372,00	3372,00		6744,00						
10	E1_A10_219		0,3	LowerBound	0,66	3372,00	3372,00		6744,00						
10	E1_A10_220		0,5	LowerBound	0,66	3372,00	3372,00		6744,00						
10	E1_A10_221		0	LowerBound	0,88	3794,00	3794,00		7588,00						
10	E1_A10_222		0,1	LowerBound	0,88	3794,00	3794,00		7588,00						
10	E1_A10_223		0,3	LowerBound	0,88	3794,00	3794,00		7588,00						
10	E1_A10_224		0,5	LowerBound	0,88	3794,00	3794,00		7588,00						

Experimento E2

La Tabla A 2 muestra los datos de cada instancia experimento E1. Este experimento se lleva a cabo los data set de A20, A30 y A40 ítems descritos en el capítulo 5 .

Tabla A 2 Resultados experimento E2

Nitems	Name	Completed	CVDemand	Heur	CtotalSimio	Csetup	Cholding	Cnondelivery	Ctotal(H+S+ND)	Mtotal	%M1	%M2	%M3	%M4	%M5
20	E2_A20_1	1 of 1	0	Heur1	5876,05	2805,00	3004,00	53,37	5862,368	539	61,4%	22,4%	8,9%	4,6%	2,0%
20	E2_A20_2	1 of 1	0	Heur2	7714,38	3650,00	4024,00	33,21	7707,2111	464	72,8%	46,1%	27,6%	17,9%	9,7%
20	E2_A20_3	1 of 1	0	Heur3	5957,13	2902,50	2977,25	61,05	5940,7971	547	59,6%	21,4%	7,3%	4,6%	2,7%
20	E2_A20_4	1 of 1	0	Heur1p	5988,58	2992,50	2908,25	70,90	5971,6482	558	58,4%	20,3%	7,3%	2,7%	0,7%
20	E2_A20_5	1 of 1	0	Heur2p	7832,29	3692,50	4116,50	20,03	7829,0297	558	60,4%	22,2%	9,5%	3,0%	0,4%
20	E2_A20_6	1 of 1	0	Heur3p	5912,17	2860,00	2964,25	73,47	5897,7237	561	59,2%	20,7%	8,2%	2,7%	0,7%
20	E2_A20_7	1 of 1	0	Heur4	6041,28	2970,00	3043,25	19,66	6032,9096	535	60,9%	24,9%	6,7%	1,9%	0,6%
20	E2_A20_8	1 of 1	0	Heur5	7932,45	3805,00	4109,00	16,02	7930,0235	401	80,3%	62,3%	45,4%	38,7%	32,4%
20	E2_A20_9	1 of 1	0	Heur6	5974,22	2907,50	3047,00	15,87	5970,3716	432	73,1%	50,9%	35,2%	22,0%	16,4%
20	E2_A20_10	1 of 1	0	Heur7	8370,94	1427,50	6579,75	347,75	8355,001	633	22,4%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
20	E2_A20_11	1 of 1	0	Heur8	8645,75	4575,00	4070,75	0,00	8645,75	1069	41,9%	7,2%	1,2%	0,0%	0,0%
20	E2_A20_12	1 of 1	0	Heur9	8550,5	4508,75	4041,75	0,00	8550,5	548	99,8%	99,6%	99,1%	96,7%	84,9%
20	E2_A20_13	1 of 1	0	Heur10	6146,24	2907,50	2928,75	291,61	6127,861	338	99,1%	97,3%	95,3%	91,4%	86,4%
20	E2_A20_14	1 of 1	0	Heur1	8884,42	4030,00	4302,50	516,79	8849,289	696	65,5%	30,2%	14,8%	8,3%	4,6%
20	E2_A20_15	1 of 1	0	Heur2	11193,9	5312,50	5825,00	51,97	11189,4683	604	74,5%	51,5%	34,3%	22,7%	14,1%
20	E2_A20_16	1 of 1	0	Heur3	8573,81	4062,50	4236,00	252,89	8551,392	576	79,5%	60,2%	47,9%	37,0%	30,9%
20	E2_A20_17	1 of 1	0	Heur1p	9376,7	4675,00	3825,75	838,81	9339,561	737	60,1%	25,9%	12,5%	5,7%	2,8%
20	E2_A20_18	1 of 1	0	Heur2p	10967,2	5755,00	4984,50	193,53	10933,025	726	65,7%	33,9%	17,2%	9,0%	5,6%
20	E2_A20_19	1 of 1	0	Heur3p	9340,01	4757,50	3797,50	747,88	9302,881	750	64,0%	29,6%	14,9%	7,5%	3,7%
20	E2_A20_20	1 of 1	0	Heur4	8766,23	3913,75	4402,75	414,08	8730,581	687	64,0%	30,0%	12,7%	5,7%	2,3%
20	E2_A20_21	1 of 1	0	Heur5	11531	5453,75	6066,75	9,01	11529,50774	555	85,4%	72,1%	59,3%	54,4%	49,7%
20	E2_A20_22	1 of 1	0	Heur6	8446,35	4005,00	4379,75	54,46	8439,2094	658	64,3%	32,7%	18,5%	10,5%	5,0%
20	E2_A20_23	1 of 1	0	Heur7	11056,9	2382,50	7807,50	829,79	11019,787	1152	21,3%	0,4%	0,0%	0,0%	0,0%
20	E2_A20_24	1 of 1	0	Heur8	12197	6306,25	5890,75	0,00	12197	1699	33,3%	1,5%	0,0%	0,0%	0,0%
20	E2_A20_25	1 of 1	0	Heur9	11933,3	6117,50	5815,75	0,00	11933,25	731	100,0%	100,0%	100,0%	97,1%	88,9%
20	E2_A20_26	1 of 1	0	Heur10	9488,79	4203,75	4241,50	1006,57	9451,82	470	100,0%	100,0%	99,1%	97,9%	94,3%
20	E2_A20_27	1 of 1	0	Heur1	11628	4731,25	5252,25	1591,73	11575,23	716	70,5%	42,5%	28,6%	19,7%	13,7%
20	E2_A20_28	1 of 1	0	Heur2	13686,4	6575,00	7026,00	76,37	13677,3667	735	74,8%	51,2%	34,4%	26,3%	18,5%
20	E2_A20_29	1 of 1	0	Heur3	10536,4	4926,25	5313,75	244,68	10484,681	772	69,6%	40,2%	26,8%	18,0%	12,3%
20	E2_A20_30	1 of 1	0	Heur1p	17988,2	6492,50	3466,00	7974,04	17932,54	769	63,6%	37,3%	20,8%	11,3%	6,2%
20	E2_A20_31	1 of 1	0	Heur2p	15682,7	7878,75	4296,75	3451,54	15627,04	788	68,4%	45,1%	29,2%	19,4%	13,6%
20	E2_A20_32	1 of 1	0	Heur3p	17585,2	6621,25	3531,00	7377,20	17529,45	787	67,9%	41,4%	26,0%	16,4%	9,3%
20	E2_A20_33	1 of 1	0	Heur4	11427	4756,25	5441,00	1176,47	11373,72	697	67,9%	41,6%	26,0%	15,8%	8,9%
20	E2_A20_34	1 of 1	0	Heur5	13973,5	6403,75	7539,00	27,16	13969,9139	604	90,4%	82,1%	74,0%	66,6%	61,1%
20	E2_A20_35	1 of 1	0	Heur6	10656,6	4860,00	5579,25	168,09	10607,341	797	66,9%	35,9%	21,8%	14,6%	10,3%
20	E2_A20_36	1 of 1	0	Heur7	15376,3	2835,00	7668,50	4817,11	15320,61	1575	20,3%	0,3%	0,0%	0,0%	0,0%
20	E2_A20_37	1 of 1	0	Heur8	14812,8	7502,50	7310,25	0,00	14812,75	2309	34,3%	1,0%	0,0%	0,0%	0,0%
20	E2_A20_38	1 of 1	0	Heur9	14370,5	7187,50	7183,00	0,00	14370,5	868	99,4%	99,0%	98,5%	96,3%	91,0%
20	E2_A20_39	1 of 1	0	Heur10	12111,8	5063,75	5415,50	1577,18	12056,43	586	100,0%	99,7%	98,6%	96,6%	92,7%
20	E2_A20_40	1 of 1	0	Heur1	16162,4	5257,50	5734,75	5095,85	16088,1	682	72,1%	49,3%	35,5%	25,2%	18,5%
20	E2_A20_41	1 of 1	0	Heur2	16469,7	7430,00	7551,75	1413,65	16395,4	651	86,5%	77,1%	75,3%	73,9%	72,8%
20	E2_A20_42	1 of 1	0	Heur3	14034,2	5480,00	5822,25	2657,70	13959,95	674	81,9%	65,9%	55,3%	45,8%	40,5%
20	E2_A20_43	1 of 1	0	Heur1p	32512,1	5740,00	3356,50	23341,40	32437,9	738	46,7%	17,8%	6,8%	3,0%	1,9%
20	E2_A20_44	1 of 1	0	Heur2p	27672,9	6942,50	3848,25	16807,80	27598,55	718	50,4%	20,3%	7,2%	2,2%	0,6%
20	E2_A20_45	1 of 1	0	Heur3p	32550,8	5402,50	3299,00	23775,00	32476,5	742	45,3%	15,5%	3,8%	1,1%	0,4%
20	E2_A20_46	1 of 1	0	Heur4	16668,6	4952,50	6016,50	5625,34	16594,34	653	64,2%	39,2%	23,9%	14,2%	8,1%
20	E2_A20_47	1 of 1	0	Heur5	15975,9	6853,75	8578,75	524,54	15957,043	622	93,9%	88,4%	83,1%	78,5%	74,3%
20	E2_A20_48	1 of 1	0	Heur6	15421,5	5071,25	6144,50	4131,44	15347,19	651	72,0%	53,0%	40,2%	30,4%	23,3%
20	E2_A20_49	1 of 1	0	Heur7	24036,8	3196,25	7597,00	13169,30	23962,55	1876	17,2%	0,5%	0,0%	0,0%	0,0%
20	E2_A20_50	1 of 1	0	Heur8	13302	6011,25	6915,00	310,27	13236,516	2616	27,6%	0,4%	0,0%	0,0%	0,0%
20	E2_A20_51	1 of 1	0	Heur9	55396,2	8850,00	10653,00	358,90	19861,9	1380	84,5%	71,8%	62,7%	55,4%	49,0%
20	E2_A20_52	1 of 1	0	Heur10	14662,4	6745,00	6297,25	1547,10	14589,35	740	99,7%	99,2%	98,1%	95,9%	93,6%
20	E2_A20_53	10 of 10	0,1	Heur1	5880,07	2806,50	3013,90	45,46	5865,8615	564,4	59,2%	17,7%	6,1%	2,4%	1,0%
20	E2_A20_54	10 of 10	0,1	Heur2	7959,28	3857,00	4066,95	25,73	7949,6828	546,4	64,037%	26,171%	####	4,392%	1,409%
20	E2_A20_55	10 of 10	0,1	Heur3	5999,88	2933,00	2991,05	62,42	5986,4713	558,1	60,6%	20,7%	8,3%	3,8%	1,7%
20	E2_A20_56	10 of 10	0,1	Heur1p	5951,57	2988,50	2874,03	72,54	5935,0729	587,9	57,1%	16,1%	4,8%	1,4%	0,4%
20	E2_A20_57	10 of 10	0,1	Heur2p	8019,29	3974,75	4025,73	14,40	8014,8753	626,9	56,0%	12,4%	3,2%	0,8%	0,2%



Nitems	Name	Completed	CVDemand	Heur	CtotalSimio	Csetup	Cholding	Cnondelivery	Ctotal(H+S+ND)	Mtotal	%M1	%M2	%M3	%M4	%M5
20	E2_A20_58	10 of 10	0,1	Heur3p	5947,53	2964,38	2918,58	50,67	5933,628	592,2	57,1%	16,2%	4,9%	1,4%	0,5%
20	E2_A20_59	10 of 10	0,1	Heur4	6127,81	2970,00	3054,55	85,26	6109,8122	505	58,7%	25,6%	8,0%	2,4%	0,7%
20	E2_A20_60	10 of 10	0,1	Heur5	7979,19	3828,25	4122,38	22,01	7972,6376	407,1	71,2%	47,3%	28,6%	18,0%	11,6%
20	E2_A20_61	10 of 10	0,1	Heur6	6043,61	2907,50	3071,85	49,59	6028,9355	442,3	63,1%	34,2%	17,7%	7,8%	4,0%
20	E2_A20_62	10 of 10	0,1	Heur7	8231,9	1427,50	6654,08	134,27	8215,851	633	23,3%	0,3%	0,0%	0,0%	0,0%
20	E2_A20_63	10 of 10	0,1	Heur8	8768,6	4590,38	4178,23	0,00	8768,61	876,5	50,7%	20,4%	9,3%	4,6%	2,4%
20	E2_A20_64	10 of 10	0,1	Heur9	8605,63	4487,88	4117,75	0,00	8605,63	544,5	96,7%	91,8%	86,2%	77,3%	65,7%
20	E2_A20_65	10 of 10	0,1	Heur10	6210,54	2799,38	2946,80	443,01	6189,188	333,9	98,5%	95,8%	92,0%	86,9%	80,4%
20	E2_A20_66	10 of 10	0,1	Heur1	8946,83	4089,88	4288,08	527,83	8905,794	682,2	65,1%	30,4%	15,5%	8,3%	4,6%
20	E2_A20_67	10 of 10	0,1	Heur2	11390,5	5356,75	5978,48	42,75	11377,9848	717,3	65,1%	30,0%	13,6%	5,9%	2,0%
20	E2_A20_68	10 of 10	0,1	Heur3	8638,62	4095,00	4339,68	171,71	8606,387	685,9	67,6%	34,7%	19,5%	11,5%	6,8%
20	E2_A20_69	10 of 10	0,1	Heur1p	9300,24	4811,00	3768,95	678,00	9257,949	747,2	62,0%	28,3%	13,2%	6,3%	2,9%
20	E2_A20_70	10 of 10	0,1	Heur2p	11256,2	5982,38	4800,45	433,64	11216,467	729,3	65,2%	32,7%	16,2%	8,1%	3,9%
20	E2_A20_71	10 of 10	0,1	Heur3p	9341,03	4760,25	3857,10	681,04	9298,388	755,1	62,7%	28,4%	13,3%	6,4%	2,9%
20	E2_A20_72	10 of 10	0,1	Heur4	8948,47	3890,88	4404,00	613,69	8908,572	659,5	61,7%	29,8%	14,7%	7,3%	3,3%
20	E2_A20_73	10 of 10	0,1	Heur5	11563,7	5447,63	6079,70	29,86	11557,191	590,7	67,9%	41,0%	26,5%	17,1%	11,3%
20	E2_A20_74	10 of 10	0,1	Heur6	8531,04	3991,75	4397,43	117,47	8506,647	648,9	62,7%	30,6%	15,7%	8,5%	4,8%
20	E2_A20_75	10 of 10	0,1	Heur7	11043,8	2361,25	7785,70	853,87	11000,822	1150,1	21,5%	0,6%	0,0%	0,0%	0,0%
20	E2_A20_76	10 of 10	0,1	Heur8	12494	6420,25	6073,78	0,00	12494,03	1139,9	53,8%	25,7%	14,0%	8,2%	4,9%
20	E2_A20_77	10 of 10	0,1	Heur9	12203,1	6209,13	5993,95	0,00	12203,08	740,8	97,0%	93,0%	88,1%	79,2%	68,6%
20	E2_A20_78	10 of 10	0,1	Heur10	9458,69	4150,38	4240,48	1024,55	9415,41	470,4	98,4%	95,3%	90,9%	84,9%	77,3%
20	E2_A20_79	10 of 10	0,1	Heur1	11790	4741,25	5244,05	1740,75	11726,05	718,8	69,9%	40,9%	25,4%	16,1%	10,3%
20	E2_A20_80	10 of 10	0,1	Heur2	13915,5	6529,88	7178,20	174,06	13882,141	785,9	70,0%	39,7%	23,8%	15,0%	9,1%
20	E2_A20_81	10 of 10	0,1	Heur3	11019,7	4836,50	5274,48	845,77	10956,747	720,9	71,8%	44,5%	28,3%	19,2%	13,2%
20	E2_A20_82	10 of 10	0,1	Heur1p	17389,5	6527,75	3514,80	7277,23	17319,78	788	64,9%	36,8%	20,5%	11,3%	6,2%
20	E2_A20_83	10 of 10	0,1	Heur2p	15353,7	7975,88	4365,05	2944,47	15285,4	798,8	64,7%	39,5%	23,9%	14,5%	8,5%
20	E2_A20_84	10 of 10	0,1	Heur3p	17291,6	6557,75	3516,53	7147,55	17221,83	791	65,3%	38,0%	21,8%	12,8%	7,2%
20	E2_A20_85	10 of 10	0,1	Heur4	11557	4746,88	5447,35	1298,84	11493,07	693,1	66,3%	39,6%	23,7%	14,4%	8,7%
20	E2_A20_86	10 of 10	0,1	Heur5	14029,2	6360,88	7606,48	52,39	14019,7504	607,9	78,5%	61,0%	46,2%	34,1%	25,1%
20	E2_A20_87	10 of 10	0,1	Heur6	10755,3	4860,25	5565,85	278,63	10704,729	746,7	65,6%	37,2%	22,1%	13,7%	8,9%
20	E2_A20_88	10 of 10	0,1	Heur7	14770,1	2931,13	7776,58	3994,01	14701,72	1605,7	20,1%	0,6%	0,0%	0,0%	0,0%
20	E2_A20_89	10 of 10	0,1	Heur8	14777,4	7334,75	7442,63	0,00	14777,38	1222,7	60,7%	36,6%	25,8%	19,1%	14,1%
20	E2_A20_90	10 of 10	0,1	Heur9	14294,4	7037,00	7257,40	0,00	14294,4	845,6	96,8%	92,8%	87,9%	81,3%	72,2%
20	E2_A20_91	10 of 10	0,1	Heur10	12124,8	4962,63	5444,03	1653,05	12059,71	575,8	98,6%	95,8%	91,4%	85,3%	77,6%
20	E2_A20_92	10 of 10	0,1	Heur1	15941,9	5295,25	5768,90	4786,53	15850,68	673	73,3%	50,9%	36,3%	26,6%	19,5%
20	E2_A20_93	10 of 10	0,1	Heur2	16507,1	7401,25	7562,93	1455,98	16420,16	646,7	85,2%	72,6%	64,8%	59,0%	53,4%
20	E2_A20_94	10 of 10	0,1	Heur3	14705,7	5415,88	5826,48	3373,75	14616,11	676,9	76,7%	57,4%	44,0%	34,5%	27,3%
20	E2_A20_95	10 of 10	0,1	Heur1p	32558,4	5603,50	3318,05	23541,20	32462,75	744,9	44,7%	15,0%	4,7%	1,5%	0,5%
20	E2_A20_96	10 of 10	0,1	Heur2p	27958,2	7052,00	3844,40	16967,50	27863,9	719	50,0%	19,7%	7,1%	2,2%	0,7%
20	E2_A20_97	10 of 10	0,1	Heur3p	33285,1	5460,75	3273,20	24455,90	33189,85	746	44,2%	14,8%	4,8%	1,4%	0,4%
20	E2_A20_98	10 of 10	0,1	Heur4	16136,8	5006,63	6125,55	4913,88	16046,06	647,8	66,6%	43,1%	28,9%	19,7%	13,6%
20	E2_A20_99	10 of 10	0,1	Heur5	16086,1	6908,75	8617,50	532,32	16058,567	623,8	89,4%	78,6%	68,9%	60,8%	53,7%
20	E2_A20_100	10 of 10	0,1	Heur6	15040,2	5117,63	6222,80	3609,96	14950,39	654,6	71,3%	51,5%	38,4%	28,8%	21,9%
20	E2_A20_101	10 of 10	0,1	Heur7	24979,8	3184,38	7552,08	14150,00	24886,46	1873,5	17,6%	0,7%	0,0%	0,0%	0,0%
20	E2_A20_102	10 of 10	0,1	Heur8	13273,8	5913,25	7070,40	222,79	13206,438	905	73,9%	62,0%	57,5%	53,3%	49,3%
20	E2_A20_103	10 of 10	0,1	Heur9	86693,6	11099,30	3184,60	301,00	14584,9	1490,8	73,9%	48,6%	34,2%	25,6%	20,0%
20	E2_A20_104	10 of 10	0,1	Heur10	14316,8	6563,38	6551,40	1119,83	14234,61	728,4	98,2%	95,0%	90,2%	83,9%	76,0%
20	E2_A20_105	10 of 10	0,3	Heur1	5910,41	2817,13	3036,05	41,95	5895,1278	573,2	59,8%	18,2%	5,7%	1,9%	0,5%
20	E2_A20_106	10 of 10	0,3	Heur2	8018,56	3882,38	4104,55	21,37	8008,2995	572,8	61,9%	22,0%	7,2%	2,3%	0,5%
20	E2_A20_107	10 of 10	0,3	Heur3	5971,09	2887,13	3014,80	52,54	5954,4736	558,9	61,5%	21,9%	8,3%	3,5%	1,4%
20	E2_A20_108	10 of 10	0,3	Heur1p	5970,01	2976,50	2918,50	55,32	5950,3163	595	57,5%	16,7%	4,8%	1,4%	0,5%
20	E2_A20_109	10 of 10	0,3	Heur2p	7967,41	4066,38	3875,05	17,46	7958,8931	617	58,5%	17,3%	4,1%	1,0%	0,2%
20	E2_A20_110	10 of 10	0,3	Heur3p	5989,21	2999,50	2916,85	54,01	5970,3647	594,5	57,5%	17,5%	5,0%	1,6%	0,5%
20	E2_A20_111	10 of 10	0,3	Heur4	6266,7	2970,00	3087,70	183,29	6240,991	516,9	51,1%	18,3%	5,4%	1,4%	0,4%
20	E2_A20_112	10 of 10	0,3	Heur5	8130,66	3859,25	4149,68	98,84	8107,7696	419,5	56,3%	27,6%	12,8%	5,9%	2,6%
20	E2_A20_113	10 of 10	0,3	Heur6	6205,32	2907,50	3110,48	162,75	6180,725	443,6	49,7%	20,0%	7,8%	2,5%	1,0%
20	E2_A20_114	10 of 10	0,3	Heur7	8231,21	1430,25	6694,40	87,76	8212,4063	633,8	23,8%	0,6%	0,0%	0,0%	0,0%
20	E2_A20_115	10 of 10	0,3	Heur8	8945,75	4580,38	4365,38	0,00	8945,76	888	49,7%	19,0%	7,7%	3,3%	1,3%
20	E2_A20_116	10 of 10	0,3	Heur9	8789,05	4469,50	4319,55	0,00	8789,05	541,3	91,6%	80,0%	67,8%	52,9%	39,3%
20	E2_A20_117	10 of 10	0,3	Heur10	6232,5	2783,63	2955,73	465,24	6204,597	332,8	96,8%	91,0%	83,1%	73,2%	61,8%
20	E2_A20_118	10 of 10	0,3	Heur1	8905,14	4143,88	4347,68	698,19	8859,746	698,4	65,3%	30,2%	14,0%	6,9%	3,3%
20	E2_A20_119	10 of 10	0,3	Heur2	11541,5	5429,75	5943,88	135,14	11508,772	730,7	64,5%	28,0%	11,8%	5,1%	2,1%
20	E2_A20_120	10 of 10	0,3	Heur3	8864,99	4121,75	4361,58	333,74	8817,068	707,1	65,2%	29,8%	13,7%	6,5%	3,0%
20	E2_A20_121	10 of 10	0,3	Heur1p	9464,35	4864,75	3772,85	771,06	9408,655	748	61,6%	28,0%	12,4%	5,5%	2,4%
20	E2_A20_122	10 of 10	0,3	Heur2p	11402,1	6160,25	4627,35	557,93	11345,534	737,3	64,5%	31,5%	15,4%	7,6%	3,6%
20	E2_A20_123	10 of 10	0,3	Heur3p	9460,94	4868,13	3795,65	742,02	9405,802	747,2	63,5%	29,3%	13,4%	5,8%	2,8%
20	E2_A20_124	10 of 10	0,3	Heur4	9045,35	3886,38	4452,68	651,46	8990,52	664,3	53,5%	22,0%	9,3%	3,7%	1,4%

Efectos de la complejidad y la incertidumbre sobre el ELSF

Nitems	Name	Completed	CVDemand	Heur	CtotalSimio	Csetup	Cholding	Cnondeliver y	Ctotal(H+S+ND )	Mtotal	%M1	%M2	%M3	%M4	%M5
20	E2_A20_125	10 of 10	0,3	Heur5	11759,2	5479,25	6145,13	109,55	11733,933	649,1	52,9%	21,0%	9,6%	4,5%	2,1%
20	E2_A20_126	10 of 10	0,3	Heur6	8796,66	3994,75	4448,43	304,10	8747,284	642,9	54,6%	22,9%	10,1%	4,7%	2,1%
20	E2_A20_127	10 of 10	0,3	Heur7	11079,6	2360,00	7798,30	867,62	11025,923	1150,9	21,3%	0,7%	0,0%	0,0%	0,0%
20	E2_A20_128	10 of 10	0,3	Heur8	12772,2	6375,13	6397,10	0,00	12772,23	1150,6	52,5%	23,5%	11,6%	5,7%	2,8%
20	E2_A20_129	10 of 10	0,3	Heur9	12492,9	6177,38	6315,48	0,00	12492,86	736	91,4%	80,1%	68,6%	56,5%	44,0%
20	E2_A20_130	10 of 10	0,3	Heur10	9598,61	4153,13	4221,55	1166,57	9541,25	472	96,3%	90,1%	81,9%	71,7%	59,7%
20	E2_A20_131	10 of 10	0,3	Heur1	11806,9	4745,00	5282,40	1695,67	11723,07	721,5	68,7%	39,4%	22,9%	13,7%	8,1%
20	E2_A20_132	10 of 10	0,3	Heur2	14209,8	6427,38	7380,13	347,79	14155,299	740,7	71,8%	42,4%	25,0%	14,8%	8,1%
20	E2_A20_133	10 of 10	0,3	Heur3	11391,7	4794,63	5292,25	1220,72	11307,6	725,2	69,7%	40,1%	23,4%	14,2%	8,4%
20	E2_A20_134	10 of 10	0,3	Heur1p	17233,3	6509,38	3528,58	7097,16	17135,12	792,3	63,9%	35,1%	19,2%	10,2%	5,1%
20	E2_A20_135	10 of 10	0,3	Heur2p	15390,9	7928,13	4389,33	2981,46	15298,92	803,1	64,8%	38,1%	22,1%	12,3%	6,6%
20	E2_A20_136	10 of 10	0,3	Heur3p	17536,1	6568,38	3508,83	7363,69	17440,9	785,1	63,9%	36,1%	20,0%	11,0%	6,0%
20	E2_A20_137	10 of 10	0,3	Heur4	11739,7	4731,38	5506,08	1415,30	11652,76	692,7	59,3%	31,3%	16,6%	8,6%	4,4%
20	E2_A20_138	10 of 10	0,3	Heur5	14227,4	6362,88	7686,40	147,66	14196,94	622,7	59,6%	33,9%	17,2%	8,3%	3,6%
20	E2_A20_139	10 of 10	0,3	Heur6	11037,6	4834,75	5633,60	499,75	10968,101	728,6	58,1%	29,7%	15,9%	8,4%	4,7%
20	E2_A20_140	10 of 10	0,3	Heur7	14375,3	2867,00	8020,58	3395,26	14282,84	1605	20,2%	0,7%	0,0%	0,0%	0,0%
20	E2_A20_141	10 of 10	0,3	Heur8	15094,1	7243,00	7851,05	0,00	15094,05	1197,7	60,3%	35,2%	22,8%	15,4%	10,3%
20	E2_A20_142	10 of 10	0,3	Heur9	14685,4	7011,50	7673,90	0,00	14685,4	834,4	91,6%	80,1%	68,5%	56,1%	43,3%
20	E2_A20_143	10 of 10	0,3	Heur10	12435,1	5048,25	5346,38	1953,49	12348,12	579,1	96,2%	89,3%	80,2%	68,7%	55,5%
20	E2_A20_144	10 of 10	0,3	Heur1	16578	5273,00	5746,85	5437,42	16457,27	671,2	71,3%	47,1%	31,8%	21,5%	14,1%
20	E2_A20_145	10 of 10	0,3	Heur2	16670,4	7185,75	7920,30	1453,36	16559,41	643,8	78,9%	59,6%	44,7%	33,4%	24,6%
20	E2_A20_146	10 of 10	0,3	Heur3	16004,8	5356,00	5800,83	4725,99	15882,82	677	72,3%	48,7%	33,6%	23,3%	16,2%
20	E2_A20_147	10 of 10	0,3	Heur1p	32730,2	5611,38	3324,63	23657,30	32593,31	743,4	46,8%	16,6%	5,8%	1,9%	0,7%
20	E2_A20_148	10 of 10	0,3	Heur2p	28456,6	7208,63	3833,45	17280,60	28322,68	729	49,3%	18,8%	6,1%	1,8%	0,5%
20	E2_A20_149	10 of 10	0,3	Heur3p	34128,9	5438,25	3281,03	25271,20	33990,48	750,3	44,3%	14,9%	5,1%	1,6%	0,4%
20	E2_A20_150	10 of 10	0,3	Heur4	16489	4972,25	6171,10	5220,34	16363,69	643,4	63,6%	39,4%	25,4%	16,0%	10,1%
20	E2_A20_151	10 of 10	0,3	Heur5	16515,5	6968,63	8778,90	683,27	16430,798	624,8	75,1%	55,0%	40,0%	29,0%	21,1%
20	E2_A20_152	10 of 10	0,3	Heur6	14811	5135,75	6312,90	3239,75	14688,4	652,2	66,1%	44,3%	29,9%	19,8%	13,3%
20	E2_A20_153	10 of 10	0,3	Heur7	25218,5	3169,88	7534,78	14380,50	25085,16	1870,5	17,9%	0,9%	0,0%	0,0%	0,0%
20	E2_A20_154	10 of 10	0,3	Heur8	13602,9	5818,63	7498,13	220,60	13537,362	892,6	69,2%	53,5%	44,8%	36,7%	29,6%
20	E2_A20_155	10 of 10	0,3	Heur9	45560,5	11333,00	2885,50	230,00	14448,5	1565	67,5%	41,6%	26,6%	18,1%	12,6%
20	E2_A20_156	10 of 10	0,3	Heur10	14897,2	6774,63	6209,68	1798,63	14782,94	744,5	96,1%	88,8%	79,0%	66,8%	53,2%
20	E2_A20_157	10 of 10	0,5	Heur1	5950,44	2845,00	3050,88	37,13	5933,0147	579,7	59,4%	17,9%	5,4%	1,6%	0,5%
20	E2_A20_158	10 of 10	0,5	Heur2	8081,39	3929,13	4123,45	19,27	8071,8497	585,5	60,8%	19,9%	5,8%	1,6%	0,5%
20	E2_A20_159	10 of 10	0,5	Heur3	6033,08	2914,00	3050,63	50,59	6015,2186	577,4	60,3%	19,1%	5,9%	2,0%	0,8%
20	E2_A20_160	10 of 10	0,5	Heur1p	6021,74	3002,13	2936,80	62,52	6001,446	599,6	57,4%	16,7%	4,9%	1,5%	0,3%
20	E2_A20_161	10 of 10	0,5	Heur2p	8025,8	4230,00	3760,98	23,86	8014,844	618,5	59,5%	19,0%	5,0%	1,4%	0,3%
20	E2_A20_162	10 of 10	0,5	Heur3p	6034,05	3030,75	2935,78	49,36	6015,8906	602,9	57,6%	17,1%	4,6%	1,3%	0,3%
20	E2_A20_163	10 of 10	0,5	Heur4	6464,79	2970,25	3092,63	367,71	6430,588	516	46,2%	14,9%	4,1%	1,1%	0,3%
20	E2_A20_164	10 of 10	0,5	Heur5	8314,93	3882,50	4152,10	246,42	8281,021	427,1	47,8%	19,4%	8,4%	4,1%	2,0%
20	E2_A20_165	10 of 10	0,5	Heur6	6392,57	2907,50	3119,63	331,67	6358,799	452,1	42,0%	15,1%	5,6%	1,9%	0,7%
20	E2_A20_166	10 of 10	0,5	Heur7	8283,81	1434,75	6732,40	93,90	8261,0472	638,5	24,3%	0,8%	0,0%	0,0%	0,0%
20	E2_A20_167	10 of 10	0,5	Heur8	9172,5	4613,50	4559,00	0,00	9172,5	899,6	49,9%	18,2%	6,3%	2,2%	0,8%
20	E2_A20_168	10 of 10	0,5	Heur9	9025,23	4514,25	4510,98	0,00	9025,23	545	88,8%	74,4%	59,7%	44,6%	30,8%
20	E2_A20_169	10 of 10	0,5	Heur10	6320,21	2799,75	2962,93	522,69	6285,369	336	96,0%	88,7%	78,8%	66,5%	52,5%
20	E2_A20_170	10 of 10	0,5	Heur1	9063,83	4201,38	4378,10	425,47	9004,945	714,7	63,3%	27,3%	12,2%	5,8%	2,5%
20	E2_A20_171	10 of 10	0,5	Heur2	11647	5511,50	5927,85	169,55	11608,904	720,3	65,3%	29,3%	12,6%	5,5%	2,4%
20	E2_A20_172	10 of 10	0,5	Heur3	8959,43	4187,25	4425,33	291,36	8903,944	720,4	63,9%	27,9%	12,0%	5,4%	2,3%
20	E2_A20_173	10 of 10	0,5	Heur1p	9550,63	4966,13	3817,83	699,85	9483,814	759,4	61,9%	27,3%	11,6%	5,1%	2,1%
20	E2_A20_174	10 of 10	0,5	Heur2p	11477,8	6229,13	4659,45	527,21	11415,788	752,6	64,3%	30,4%	13,7%	6,2%	2,7%
20	E2_A20_175	10 of 10	0,5	Heur3p	9500,07	4936,25	3870,38	626,58	9433,212	756,9	61,9%	27,9%	12,2%	5,1%	2,4%
20	E2_A20_176	10 of 10	0,5	Heur4	9367,74	3886,50	4463,93	942,91	9293,336	669	47,1%	17,4%	6,5%	2,2%	0,8%
20	E2_A20_177	10 of 10	0,5	Heur5	12073,4	5510,13	6158,95	345,70	12014,784	660,5	45,5%	14,9%	5,5%	2,3%	1,2%
20	E2_A20_178	10 of 10	0,5	Heur6	9206,18	3995,00	4471,08	672,65	9138,731	641,3	48,3%	18,2%	6,9%	2,8%	1,2%
20	E2_A20_179	10 of 10	0,5	Heur7	11062,3	2410,00	7874,80	713,68	10998,475	1171,4	21,6%	0,7%	0,0%	0,0%	0,0%
20	E2_A20_180	10 of 10	0,5	Heur8	13072,9	6373,50	6699,43	0,00	13072,93	1147,2	52,2%	22,2%	9,9%	4,4%	1,8%
20	E2_A20_181	10 of 10	0,5	Heur9	12846,1	6213,63	6632,45	0,00	12846,08	737	86,4%	70,5%	55,2%	40,4%	27,6%
20	E2_A20_182	10 of 10	0,5	Heur10	9851,77	4200,75	4212,08	1365,27	9778,1	473	94,8%	86,5%	75,4%	62,4%	47,8%
20	E2_A20_183	10 of 10	0,5	Heur1	11655,4	4828,50	5339,33	1381,39	11549,22	730,5	69,6%	39,5%	22,2%	12,2%	6,6%
20	E2_A20_184	10 of 10	0,5	Heur2	14451,4	6510,50	7376,60	483,30	14370,4	743,8	70,0%	38,6%	20,5%	10,5%	5,2%
20	E2_A20_185	10 of 10	0,5	Heur3	11761,6	4865,00	5329,88	1462,10	11656,98	729,6	69,0%	39,3%	22,1%	12,7%	7,2%
20	E2_A20_186	10 of 10	0,5	Heur1p	18030,8	6591,13	3463,23	7850,00	17904,36	793,2	62,3%	33,3%	16,7%	8,2%	3,7%
20	E2_A20_187	10 of 10	0,5	Heur2p	16016,7	6022,88	4244,60	3629,25	15896,73	807,2	64,2%	37,1%	20,2%	10,8%	5,5%
20	E2_A20_188	10 of 10	0,5	Heur3p	18234,7	6613,00	3465,55	8028,26	18106,81	797,5	63,5%	33,9%	17,1%	8,4%	4,2%
20	E2_A20_189	10 of 10	0,5	Heur4	11960,3	4774,38	5573,78	1500,33	11848,49	708,7	51,7%	23,4%	10,8%	4,8%	2,0%
20	E2_A20_190	10 of 10	0,5	Heur5	14590	6392,50	7709,53	417,54	14519,567	632,2	51,7%	25,0%	11,2%	4,7%	2,0%

Nitems	Name	Completed	CVDemand	Heur	CtotalSimio	Csetup	Cholding	Cnondelivery	Ctotal(H+S+ND)	Mtotal	%M1	%M2	%M3	%M4	%M5
20	E2_A20_191	10 of 10	0,5	Heur6	11602,9	4830,88	5680,58	991,10	11502,563	727,4	50,7%	22,7%	11,0%	5,2%	2,5%
20	E2_A20_192	10 of 10	0,5	Heur7	15023,2	2905,00	8112,50	3886,22	14903,72	1621,3	20,6%	0,9%	0,0%	0,0%	0,0%
20	E2_A20_193	10 of 10	0,5	Heur8	15358,6	7159,63	8199,00	0,00	15358,63	1190,9	58,4%	32,0%	19,0%	11,3%	6,5%
20	E2_A20_194	10 of 10	0,5	Heur9	15112,4	7006,00	8106,35	0,00	15112,35	834,2	86,7%	70,7%	55,2%	40,7%	27,9%
20	E2_A20_195	10 of 10	0,5	Heur10	12711,3	5067,50	5325,63	2209,10	12602,23	589,9	95,2%	86,4%	74,9%	61,3%	45,9%
20	E2_A20_196	10 of 10	0,5	Heur1	17227	5281,88	5747,60	6037,87	17067,35	671,4	69,5%	43,2%	26,4%	16,1%	9,9%
20	E2_A20_197	10 of 10	0,5	Heur2	17397,1	7197,63	7835,25	2219,72	17252,6	645	74,9%	50,5%	33,2%	21,4%	13,9%
20	E2_A20_198	10 of 10	0,5	Heur3	17053,2	5337,00	5759,75	5792,78	16889,53	675,1	70,9%	45,9%	30,0%	19,3%	11,8%
20	E2_A20_199	10 of 10	0,5	Heur1p	33354,8	5571,25	3283,73	24317,60	33172,58	753,7	45,0%	14,7%	4,6%	1,5%	0,6%
20	E2_A20_200	10 of 10	0,5	Heur2p	29039,5	7121,88	3805,03	17935,40	28862,31	736,4	49,4%	18,5%	6,3%	2,0%	0,7%
20	E2_A20_201	10 of 10	0,5	Heur3p	34432,2	5440,38	3269,75	25541,80	34251,93	752,9	43,7%	14,1%	4,1%	1,2%	0,3%
20	E2_A20_202	10 of 10	0,5	Heur4	17283,4	4962,00	6216,10	5944,72	17122,82	638,2	58,2%	34,0%	19,6%	11,0%	5,9%
20	E2_A20_203	10 of 10	0,5	Heur5	17142,9	6966,38	8811,25	1239,68	17017,31	620,8	66,9%	43,3%	27,1%	16,3%	9,5%
20	E2_A20_204	10 of 10	0,5	Heur6	15835	5097,00	6315,38	4264,03	15676,41	647,2	59,4%	35,7%	20,5%	11,5%	6,4%
20	E2_A20_205	10 of 10	0,5	Heur7	25113,6	3210,75	7636,65	14090,90	24938,3	1885,3	17,7%	0,8%	0,0%	0,0%	0,0%
20	E2_A20_206	10 of 10	0,5	Heur8	13925,4	5547,50	7719,13	550,19	13816,823	864,3	61,1%	40,8%	29,7%	21,2%	14,6%
20	E2_A20_207	10 of 10	0,5	Heur9	41875	11359,40	2750,98	215,80	14326,18	1565,1	68,8%	41,8%	25,3%	15,7%	9,9%
20	E2_A20_208	10 of 10	0,5	Heur10	15878,2	6727,88	6260,63	2742,86	15731,37	752,9	94,5%	85,0%	72,1%	57,2%	40,7%
20	E2_A20_209	1 of 1	0	Lowerbound					5820						
20	E2_A20_210	1 of 1	0,1	Lowerbound					5820						
20	E2_A20_211	1 of 1	0,3	Lowerbound					5820						
20	E2_A20_212	1 of 1	0,5	Lowerbound					5820						
20	E2_A20_213	1 of 1	0	Lowerbound					8148						
20	E2_A20_214	1 of 1	0,1	Lowerbound					8148						
20	E2_A20_215	1 of 1	0,3	Lowerbound					8148						
20	E2_A20_216	1 of 1	0,5	Lowerbound					8148						
20	E2_A20_217	1 of 1	0	Lowerbound					9868						
20	E2_A20_218	1 of 1	0,1	Lowerbound					9868						
20	E2_A20_219	1 of 1	0,3	Lowerbound					9868						
20	E2_A20_220	1 of 1	0,5	Lowerbound					9868						
20	E2_A20_221	1 of 1	0	Lowerbound					11272						
20	E2_A20_222	1 of 1	0,1	Lowerbound					11272						
20	E2_A20_223	1 of 1	0,3	Lowerbound					11272						
20	E2_A20_224	1 of 1	0,5	Lowerbound					11272						
30	E2_A30_1	1 of 1	0	Heur1	7485,24	3762,50	3647,00	57,93	7467,4279	662	0,61329	0,22205	0,0982	0,0483	0,0227
30	E2_A30_2	1 of 1	0	Heur2	9721,48	4813,75	4890,25	13,106	9717,106	648	62,7%	25,6%	13,6%	4,9%	1,9%
30	E2_A30_3	1 of 1	0	Heur3	7460,66	3662,5	3669,5	111,376	7443,376	601	64,9%	31,4%	19,1%	11,3%	6,0%
30	E2_A30_4	1 of 1	0	Heur1p	7573,24	3890	3595	70,5928	7555,5928	682	58,1%	18,8%	7,6%	3,1%	0,7%
30	E2_A30_5	1 of 1	0	Heur2p	9652,07	4846,25	4786	12,8919	9645,1419	684	59,2%	20,6%	9,4%	3,7%	1,6%
30	E2_A30_6	1 of 1	0	Heur3p	7508,67	3822,5	3620,5	51,8712	7494,8712	691	57,9%	18,4%	6,5%	2,3%	1,2%
30	E2_A30_7	1 of 1	0	Heur4	7298,96	3485	3680,75	117,894	7283,644	580	61,6%	34,0%	16,2%	6,0%	2,9%
30	E2_A30_8	1 of 1	0	Heur5	9881,58	4770	5039	70,2229	9879,2229	479	63,5%	43,8%	28,0%	15,2%	9,6%
30	E2_A30_9	1 of 1	0	Heur6	7426,62	3617,5	3669	121,9	7408,4	562	55,9%	28,5%	14,2%	7,3%	4,1%
30	E2_A30_10	1 of 1	0	Heur7	10750,7	1572,5	9075,75	87,9814	10736,2314	653	25,3%	0,3%	0,0%	0,0%	0,0%
30	E2_A30_11	1 of 1	0	Heur8	10477,5	5537,5	4940	0	10477,5	1229	39,7%	7,0%	1,0%	0,0%	0,0%
30	E2_A30_12	1 of 1	0	Heur9	10361,8	5470	4891,75	0	10361,75	667	87,4%	75,1%	64,5%	54,7%	44,8%
30	E2_A30_13	1 of 1	0	Heur10	7524,04	3707,5	3628	170,74	7506,24	421	98,8%	96,9%	94,8%	92,2%	88,6%
30	E2_A30_14	1 of 1	0	Heur1	10631,2	4977,5	5159	458,202	10594,702	815	67,6%	33,3%	17,2%	8,1%	4,4%
30	E2_A30_15	1 of 1	0	Heur2	13741,7	6637,5	6929,25	152,832	13719,582	791	70,8%	41,8%	30,5%	23,1%	17,7%
30	E2_A30_16	1 of 1	0	Heur3	10770,1	4975	5125,5	632,977	10733,477	769	71,0%	43,7%	31,2%	22,6%	17,3%
30	E2_A30_17	1 of 1	0	Heur1p	10873,3	5670	4710,25	457,399	10837,649	891	63,0%	29,9%	13,8%	6,5%	2,9%
30	E2_A30_18	1 of 1	0	Heur2p	13378,5	7147,5	5851	343,237	13341,737	856	68,8%	38,9%	21,7%	12,4%	6,7%
30	E2_A30_19	1 of 1	0	Heur3p	11282,8	5875	4521	850,101	11246,101	883	64,0%	31,4%	17,2%	9,7%	5,1%
30	E2_A30_20	1 of 1	0	Heur4	10622,5	4997,5	5278,5	309,987	10585,987	792	63,4%	33,5%	19,1%	11,1%	6,3%
30	E2_A30_21	1 of 1	0	Heur5	13754,7	6665	7080	8,26494	13753,26494	647	68,8%	51,9%	38,5%	28,1%	20,4%
30	E2_A30_22	1 of 1	0	Heur6	10392,4	4985	5254,25	120,222	10359,472	729	70,8%	45,4%	29,8%	18,9%	12,9%
30	E2_A30_23	1 of 1	0	Heur7	13875,6	2642,5	10208,3	987,986	13838,786	1193	23,4%	0,5%	0,0%	0,0%	0,0%
30	E2_A30_24	1 of 1	0	Heur8	14824,8	7826,25	6998,5	0	14824,75	1888	40,1%	9,1%	3,0%	0,5%	0,0%
30	E2_A30_25	1 of 1	0	Heur9	14639,3	7711,25	6928	0	14639,25	911	97,3%	94,5%	92,0%	90,0%	87,6%
30	E2_A30_26	1 of 1	0	Heur10	10897	5151,25	5116,25	592,963	10860,463	590	99,7%	99,0%	98,1%	96,6%	94,6%
30	E2_A30_27	1 of 1	0	Heur1	13588,1	5912,5	6281	1340,54	13534,04	865	68,8%	40,1%	24,3%	15,7%	9,9%
30	E2_A30_28	1 of 1	0	Heur2	16788,7	8005	8768,75	13,7506	16787,5006	911	73,7%	47,7%	31,3%	17,8%	11,5%
30	E2_A30_29	1 of 1	0	Heur3	12942,7	5996,25	6353,5	538,787	12888,537	869	75,1%	50,2%	35,4%	27,8%	21,5%
30	E2_A30_30	1 of 1	0	Heur1p	18190,9	7292,5	4538	6305,19	18135,69	868	60,7%	34,2%	18,7%	10,8%	5,8%
30	E2_A30_31	1 of 1	0	Heur2p	18283,1	9280	5580,25	3367,7	18227,95	879	65,0%	38,5%	22,0%	11,8%	6,0%
30	E2_A30_32	1 of 1	0	Heur3p	17611,7	7251,25	4675,5	5629,72	17556,47	866	61,3%	33,5%	18,4%	9,9%	4,8%
30	E2_A30_33	1 of 1	0	Heur4	13499,3	5821,25	6478,75	1147,96	13447,96	832	69,0%	45,1%	30,6%	20,7%	13,9%

Efectos de la complejidad y la incertidumbre sobre el ELSF

Nitems	Name	Completed	CVDemand	Heur	CtotalSimio	Csetup	Cholding	Cnondelivery	Ctotal(H+S+ND)	Mtotal	%M1	%M2	%M3	%M4	%M5
30	E2_A30_34	1 of 1	0	Heur5	17356	8211,25	9120,25	21,0057	17352,5057	830	79,8%	61,9%	54,0%	46,3%	41,7%
30	E2_A30_35	1 of 1	0	Heur6	12738	5796,25	6499,25	390,067	12685,567	846	71,0%	48,3%	33,0%	22,8%	16,2%
30	E2_A30_36	1 of 1	0	Heur7	17730,6	3173,75	11170	3331,65	17675,4	1633	19,8%	0,4%	0,0%	0,0%	0,0%
30	E2_A30_37	1 of 1	0	Heur8	17961,5	9335	8626,5	0	17961,5	2592	36,2%	1,6%	0,0%	0,0%	0,0%
30	E2_A30_38	1 of 1	0	Heur9	17508,3	9040	8468,25	0	17508,25	1045	97,5%	95,6%	93,9%	92,2%	90,6%
30	E2_A30_39	1 of 1	0	Heur10	13763	6131,25	6883,25	694,108	13708,608	715	100,0%	100,0%	100,0%	99,7%	99,2%
30	E2_A30_40	1 of 1	0	Heur1	17404,5	6825	7103,75	3402,28	17331,03	810	73,8%	53,2%	37,8%	27,5%	20,9%
30	E2_A30_41	1 of 1	0	Heur2	20956,5	8985	9128	2770,05	20883,05	763	59,8%	39,7%	31,6%	27,8%	24,4%
30	E2_A30_42	1 of 1	0	Heur3	17239,6	6841,25	7068,5	3256,34	17166,09	814	75,1%	54,7%	41,5%	32,1%	25,3%
30	E2_A30_43	1 of 1	0	Heur1p	38218,3	6610	3755,5	27779,3	38144,8	871	45,5%	16,3%	5,3%	1,4%	0,5%
30	E2_A30_44	1 of 1	0	Heur2p	35822,1	7995	4235,75	23517,9	35748,65	843	46,0%	19,5%	7,1%	2,6%	1,2%
30	E2_A30_45	1 of 1	0	Heur3p	38157,8	6656,25	3762,25	27665,8	38084,3	834	45,1%	14,0%	4,0%	1,7%	0,4%
30	E2_A30_46	1 of 1	0	Heur4	17279	6523,75	7380,75	3301,02	17205,52	802	66,2%	45,3%	31,8%	22,6%	16,1%
30	E2_A30_47	1 of 1	0	Heur5	20228	8392,5	9935,75	1826,27	20154,52	753	88,4%	76,4%	66,5%	57,9%	49,9%
30	E2_A30_48	1 of 1	0	Heur6	18445,9	6515	7317,5	4539,9	18372,4	802	67,7%	46,3%	31,8%	22,4%	15,7%
30	E2_A30_49	1 of 1	0	Heur7	28973,2	3561,25	10288,3	15050,2	28899,75	1876	16,5%	0,3%	0,1%	0,0%	0,0%
30	E2_A30_50	1 of 1	0	Heur8	16513,6	6428,75	9391	628,722	16448,472	2676	27,8%	0,5%	0,0%	0,0%	0,0%
30	E2_A30_51	1 of 1	0	Heur9	105233	0	35897,3	69264	105161,3	837	78,7%	62,2%	52,3%	45,4%	40,5%
30	E2_A30_52	1 of 1	0	Heur10	19511,1	8612,5	6473,25	4351,88	19437,63	960	98,3%	96,4%	94,0%	91,6%	88,4%
30	E2_A30_53	10 of 10	0,1	Heur1	7451,11	3664,75	3695,85	73,3176	7433,9176	669	60,8%	20,9%	8,2%	3,3%	1,1%
30	E2_A30_54	10 of 10	0,1	Heur2	9708,32	4725,25	4947,15	26,2652	9698,6652	644,3	65,3%	28,8%	13,7%	6,8%	3,0%
30	E2_A30_55	10 of 10	0,1	Heur3	7424,27	3661,75	3680	66,7264	7408,4764	644,6	63,5%	25,6%	11,2%	5,0%	2,3%
30	E2_A30_56	10 of 10	0,1	Heur1p	7466,58	3769,25	3607,05	74,0532	7450,3532	695,9	58,4%	18,9%	6,5%	2,2%	0,8%
30	E2_A30_57	10 of 10	0,1	Heur2p	9634,89	4939,13	4670,38	17,4876	9626,9976	732,6	59,3%	18,0%	6,2%	2,2%	0,8%
30	E2_A30_58	10 of 10	0,1	Heur3p	7476,85	3739,88	3675,7	47,3229	7462,9029	708,1	57,5%	16,6%	5,5%	2,0%	0,7%
30	E2_A30_59	10 of 10	0,1	Heur4	7288,47	3484,25	3693,08	92,1239	7269,4539	582,6	59,8%	29,3%	13,3%	5,3%	2,5%
30	E2_A30_60	10 of 10	0,1	Heur5	9839,71	4786,88	5021,2	22,0217	9830,1017	499,4	66,2%	42,1%	26,3%	16,0%	9,7%
30	E2_A30_61	10 of 10	0,1	Heur6	7431,56	3588,75	3673,13	149,156	7411,036	538,6	62,5%	33,9%	19,4%	11,0%	6,3%
30	E2_A30_62	10 of 10	0,1	Heur7	10998,4	1678,63	9194,8	108,228	10981,658	673,5	24,9%	0,5%	0,0%	0,0%	0,0%
30	E2_A30_63	10 of 10	0,1	Heur8	10712,3	5653,13	5059,13	0	10712,26	1023,3	54,6%	24,6%	12,2%	6,7%	4,1%
30	E2_A30_64	10 of 10	0,1	Heur9	10679,4	5675,25	5004,1	0	10679,35	666,5	96,3%	90,6%	84,0%	77,3%	70,3%
30	E2_A30_65	10 of 10	0,1	Heur10	7526,37	3663,63	3615,65	226,692	7505,972	417,3	98,3%	95,5%	91,3%	85,9%	79,5%
30	E2_A30_66	10 of 10	0,1	Heur1	10544,8	4963,88	5176,73	363,959	10504,569	822,3	65,6%	31,3%	16,5%	9,0%	5,0%
30	E2_A30_67	10 of 10	0,1	Heur2	13710,6	6628	6982,38	76,3118	13686,6918	839,9	68,2%	35,4%	18,9%	10,1%	5,0%
30	E2_A30_68	10 of 10	0,1	Heur3	10454,8	4979,38	5199,93	238,126	10417,436	799,5	69,4%	38,9%	24,2%	15,2%	9,9%
30	E2_A30_69	10 of 10	0,1	Heur1p	11064,8	5750,38	4609,53	662,426	11022,336	886,4	62,6%	30,2%	14,9%	7,1%	3,4%
30	E2_A30_70	10 of 10	0,1	Heur2p	13431,5	7344,13	5408,98	636,096	13389,206	882,1	65,6%	33,9%	17,7%	9,1%	4,7%
30	E2_A30_71	10 of 10	0,1	Heur3p	11204,8	5789,5	4593,2	779,383	11162,083	884,4	62,4%	30,0%	14,9%	7,7%	3,5%
30	E2_A30_72	10 of 10	0,1	Heur4	10651,8	4989,5	5303,18	318,873	10611,553	789	62,2%	31,8%	16,5%	8,7%	4,6%
30	E2_A30_73	10 of 10	0,1	Heur5	13825,5	6659	7131,6	27,1421	13817,7421	680	69,0%	44,7%	29,3%	19,5%	13,3%
30	E2_A30_74	10 of 10	0,1	Heur6	10509,7	5047	5276,93	155,761	10479,691	759,1	63,9%	34,4%	19,1%	11,2%	6,7%
30	E2_A30_75	10 of 10	0,1	Heur7	13567,6	2651,75	10189,6	684,868	13526,218	1201,5	23,2%	0,5%	0,0%	0,0%	0,0%
30	E2_A30_76	10 of 10	0,1	Heur8	15084,5	7853,13	7231,35	0	15084,48	1351,8	56,8%	28,1%	16,4%	10,5%	7,1%
30	E2_A30_77	10 of 10	0,1	Heur9	14835	7682,38	7152,63	0	14835,01	911,9	96,8%	92,2%	86,6%	80,4%	74,3%
30	E2_A30_78	10 of 10	0,1	Heur10	10958,2	5105,5	5143,3	667,818	10916,618	590,8	98,7%	95,7%	91,5%	85,9%	79,1%
30	E2_A30_79	10 of 10	0,1	Heur1	13608,7	5889,38	6283,08	1371,99	13544,45	866,7	69,5%	40,3%	24,3%	15,0%	9,2%
30	E2_A30_80	10 of 10	0,1	Heur2	16817,9	8002,75	8583,35	189,929	16776,029	896,3	73,9%	47,4%	30,4%	19,9%	12,8%
30	E2_A30_81	10 of 10	0,1	Heur3	13167,4	5997,5	6354,48	753,972	13105,952	872,9	72,1%	45,2%	29,7%	20,3%	14,5%
30	E2_A30_82	10 of 10	0,1	Heur1p	18912,2	7256,5	4454,3	7132,83	18843,63	880,1	59,7%	32,8%	17,5%	9,2%	4,8%
30	E2_A30_83	10 of 10	0,1	Heur2p	18469,1	9267,38	5534,85	3599,59	18401,82	884,5	65,0%	39,5%	24,4%	15,4%	9,7%
30	E2_A30_84	10 of 10	0,1	Heur3p	18405,3	7082,38	4675,5	6579,01	18336,89	873,4	62,4%	35,0%	19,3%	10,6%	5,8%
30	E2_A30_85	10 of 10	0,1	Heur4	13660	5808	6497,73	1291,38	13597,11	837,6	66,3%	40,2%	25,1%	16,0%	10,4%
30	E2_A30_86	10 of 10	0,1	Heur5	17308,7	8155,38	9109,78	34,9023	17300,0623	850,4	65,1%	38,8%	22,1%	13,0%	7,8%
30	E2_A30_87	10 of 10	0,1	Heur6	12867,4	5848,38	6580,9	381,382	12810,662	863,3	67,3%	40,8%	24,9%	15,2%	9,3%
30	E2_A30_88	10 of 10	0,1	Heur7	17216,3	3189,38	11333,7	2627,39	17150,47	1642,6	20,3%	0,7%	0,0%	0,0%	0,0%
30	E2_A30_89	10 of 10	0,1	Heur8	18007,6	9204,75	8802,83	0	18007,58	1420,1	65,5%	42,3%	31,6%	24,8%	19,9%
30	E2_A30_90	10 of 10	0,1	Heur9	17857,1	9112,75	8744,38	0	17857,13	1054,3	96,7%	92,2%	87,1%	81,6%	76,0%
30	E2_A30_91	10 of 10	0,1	Heur10	13789,8	6228,13	6727,83	773,028	13728,988	718	98,3%	95,1%	90,4%	84,4%	77,0%
30	E2_A30_92	10 of 10	0,1	Heur1	17664,8	6793,5	7041,88	3740,33	17575,71	806,8	72,9%	50,6%	36,0%	26,3%	19,1%
30	E2_A30_93	10 of 10	0,1	Heur2	21096,8	8859,38	9104,28	3044,18	21007,84	768,1	73,2%	52,0%	39,1%	31,2%	25,4%
30	E2_A30_94	10 of 10	0,1	Heur3	17963,2	6756,75	7000,48	4116,63	17873,86	809,4	73,7%	52,4%	38,9%	29,4%	22,4%
30	E2_A30_95	10 of 10	0,1	Heur1p	38402,7	6631,63	3714,55	27962,7	38308,88	847	45,8%	16,3%	5,2%	1,6%	0,5%
30	E2_A30_96	10 of 10	0,1	Heur2p	36702,1	7996,88	4121,18	24490,3	36608,36	862,7	48,3%	19,7%	7,0%	2,5%	0,7%
30	E2_A30_97	10 of 10	0,1	Heur3p	38103,8	6593,13	3802,55	27613,9	38009,58	834,5	45,4%	15,7%	4,7%	1,4%	0,4%
30	E2_A30_98	10 of 10	0,1	Heur4	17898,9	6525,38	7342,13	3942,23	17809,74	794,7	67,7%	46,0%	32,3%	23,2%	16,7%
30	E2_A30_99	10 of 10	0,1	Heur5	20440,7	8492,25	9934,2	1928,44	20354,89	753,8	83,3%	67,6%	53,3%	41,1%	31,5%



Efectos de la complejidad y la incertidumbre sobre el ELSF

Nitems	Name	Completed	CVDemand	Heur	CtotalSimio	Csetup	Cholding	Cnondelivery	Ctotal(H+S+ND)	Mtotal	%M1	%M2	%M3	%M4	%M5
30	E2_A30_167	10 of 10	0,5	Heur8	11161,4	5667,38	5494,05	0	11161,43	1046,4	52,4%	20,4%	7,9%	3,3%	1,4%
30	E2_A30_168	10 of 10	0,5	Heur9	11028,1	5593,25	5434,88	0	11028,13	668,7	87,2%	70,7%	54,4%	40,4%	29,2%
30	E2_A30_169	10 of 10	0,5	Heur10	7617,51	3697	3628,63	260,987	7586,617	418	95,3%	86,6%	75,8%	63,3%	49,1%
30	E2_A30_170	10 of 10	0,5	Heur1	10717,6	5057,13	5264,68	341,75	10663,56	851,4	65,6%	30,6%	14,4%	6,7%	3,1%
30	E2_A30_171	10 of 10	0,5	Heur2	13977,3	6662,5	7072,13	199,269	13933,899	866,1	65,5%	29,8%	13,2%	5,6%	2,2%
30	E2_A30_172	10 of 10	0,5	Heur3	10650,3	5037,63	5263,5	292,784	10593,914	849,1	66,0%	31,2%	14,8%	7,3%	3,4%
30	E2_A30_173	10 of 10	0,5	Heur1p	11267,2	5832,75	4649,38	718,912	11201,042	897,3	61,5%	28,7%	13,2%	6,0%	2,5%
30	E2_A30_174	10 of 10	0,5	Heur2p	13607,1	7510,63	5429,53	601,59	13541,75	901,4	64,4%	32,4%	15,7%	7,2%	3,1%
30	E2_A30_175	10 of 10	0,5	Heur3p	11256,3	5864	4660,18	665,563	11189,743	904,9	61,1%	28,3%	13,2%	6,1%	2,7%
30	E2_A30_176	10 of 10	0,5	Heur4	11305,2	4969,75	5367,5	897,57	11234,82	790,8	45,5%	17,9%	7,3%	3,1%	1,1%
30	E2_A30_177	10 of 10	0,5	Heur5	14339,4	6638	7235,85	402,945	14276,795	744,6	44,5%	15,5%	5,7%	2,3%	1,0%
30	E2_A30_178	10 of 10	0,5	Heur6	11180,3	5004,5	5355,73	749,476	11109,706	753,2	45,4%	17,2%	6,7%	2,7%	1,1%
30	E2_A30_179	10 of 10	0,5	Heur7	13609,4	2666,38	10231,4	647,99	13545,77	1213,6	23,7%	0,9%	0,0%	0,0%	0,0%
30	E2_A30_180	10 of 10	0,5	Heur8	15730,1	7786,13	7943,98	0	15730,11	1355,6	55,5%	24,6%	11,2%	5,2%	2,2%
30	E2_A30_181	10 of 10	0,5	Heur9	15489,1	7639	7850,08	0	15489,08	911,8	85,4%	67,7%	51,0%	36,8%	25,4%
30	E2_A30_182	10 of 10	0,5	Heur10	11221,4	5150,38	5068,63	932,638	11152,648	596,3	94,9%	86,0%	74,4%	60,7%	45,7%
30	E2_A30_183	10 of 10	0,5	Heur1	13960,3	5960,75	6337,73	1555,41	13853,89	866,7	67,9%	38,2%	20,9%	11,2%	5,8%
30	E2_A30_184	10 of 10	0,5	Heur2	17333,5	8063,13	8655,15	530,798	17249,078	870,9	70,4%	40,8%	22,8%	12,4%	6,6%
30	E2_A30_185	10 of 10	0,5	Heur3	13867,3	6018,88	6341,35	1403,28	13763,51	869,6	69,1%	39,7%	22,7%	12,7%	6,6%
30	E2_A30_186	10 of 10	0,5	Heur1p	19455,6	7292	4464,93	7575,55	19332,48	887,8	59,1%	30,9%	15,2%	7,3%	3,6%
30	E2_A30_187	10 of 10	0,5	Heur2p	19099	9375,25	5482,13	4121,98	18979,36	898,1	60,7%	33,3%	17,8%	9,5%	5,1%
30	E2_A30_188	10 of 10	0,5	Heur3p	19325,6	7171,13	4574,68	7457,79	19203,6	886,8	58,5%	29,9%	14,3%	6,8%	3,2%
30	E2_A30_189	10 of 10	0,5	Heur4	14211,6	5809,75	6597,28	1697,11	14104,14	843,9	48,1%	22,3%	10,1%	4,7%	2,1%
30	E2_A30_190	10 of 10	0,5	Heur5	17787,1	8101,75	9227,05	385,745	17714,545	909,5	39,5%	13,0%	4,7%	1,7%	0,7%
30	E2_A30_191	10 of 10	0,5	Heur6	13735,1	5823,75	6674,45	1133,24	13631,44	847,8	48,4%	21,9%	10,1%	4,5%	2,0%
30	E2_A30_192	10 of 10	0,5	Heur7	17723,2	3220	11266,3	3122,89	17609,19	1654,1	21,1%	0,9%	0,0%	0,0%	0,0%
30	E2_A30_193	10 of 10	0,5	Heur8	18768,3	9061,88	9706,38	0	18768,26	1394	62,6%	36,2%	22,2%	13,5%	8,1%
30	E2_A30_194	10 of 10	0,5	Heur9	18382	8813,75	9568,25	0	18382	1035	84,8%	66,4%	49,7%	35,9%	25,0%
30	E2_A30_195	10 of 10	0,5	Heur10	14196,1	6496,5	6462,98	1135,64	14095,12	740,5	94,3%	84,4%	71,8%	57,2%	40,9%
30	E2_A30_196	10 of 10	0,5	Heur1	19868,2	6671,75	6921,4	6118,04	19711,19	803,1	67,5%	40,9%	24,3%	15,0%	9,1%
30	E2_A30_197	10 of 10	0,5	Heur2	21594,1	8771,88	9124,35	3542,52	21498,75	769,8	68,1%	41,8%	24,8%	14,4%	8,6%
30	E2_A30_198	10 of 10	0,5	Heur3	19888,7	6693,25	6910,63	6122,07	19725,95	802,7	68,2%	42,2%	25,4%	15,4%	9,1%
30	E2_A30_199	10 of 10	0,5	Heur1p	39308,3	6609,75	3649,7	28873,5	39132,95	849,8	44,5%	15,1%	4,6%	1,4%	0,5%
30	E2_A30_200	10 of 10	0,5	Heur2p	37064,3	8060,25	4165,6	24664,6	36890,45	876,4	47,9%	18,6%	6,6%	2,2%	0,7%
30	E2_A30_201	10 of 10	0,5	Heur3p	39098	6577,75	3749,25	28596,1	38923,1	844,6	45,4%	16,1%	4,9%	1,4%	0,4%
30	E2_A30_202	10 of 10	0,5	Heur4	18707,4	6481,63	7429,93	4640,69	18552,25	794,3	54,3%	29,9%	16,4%	8,6%	4,6%
30	E2_A30_203	10 of 10	0,5	Heur5	21258,4	8418,88	10009,6	2685,01	21113,49	749,7	62,4%	38,2%	22,3%	12,8%	7,3%
30	E2_A30_204	10 of 10	0,5	Heur6	18853,6	6477,13	7440,25	4779,21	18696,59	791,4	54,9%	30,4%	16,5%	9,0%	4,9%
30	E2_A30_205	10 of 10	0,5	Heur7	29905	3580,13	10292,5	15862,7	29735,33	1888,7	16,9%	0,5%	0,0%	0,0%	0,0%
30	E2_A30_206	10 of 10	0,5	Heur8	17004,1	5913,13	10342,3	638,488	16893,918	909,1	60,8%	40,2%	28,6%	20,0%	13,7%
30	E2_A30_207	10 of 10	0,5	Heur9	67203,5	22752,1	4504,8	39763,1	67020	2232,8	62,8%	31,1%	15,1%	6,9%	3,2%
30	E2_A30_208	10 of 10	0,5	Heur10	19742,6	8162,5	6867,75	4557,78	19588,03	917	92,9%	81,6%	67,7%	51,8%	34,6%
30	E2_A30_209	1 of 1	0	Lowerbound					7164						
30	E2_A30_210	1 of 1	0,1	Lowerbound					7164						
30	E2_A30_211	1 of 1	0,3	Lowerbound					7164						
30	E2_A30_212	1 of 1	0,5	Lowerbound					7164						
30	E2_A30_213	1 of 1	0	Lowerbound					10056						
30	E2_A30_214	1 of 1	0,1	Lowerbound					10056						
30	E2_A30_215	1 of 1	0,3	Lowerbound					10056						
30	E2_A30_216	1 of 1	0,5	Lowerbound					10056						
30	E2_A30_217	1 of 1	0	Lowerbound					12222						
30	E2_A30_218	1 of 1	0,1	Lowerbound					12222						
30	E2_A30_219	1 of 1	0,3	Lowerbound					12222						
30	E2_A30_220	1 of 1	0,5	Lowerbound					12222						
30	E2_A30_221	1 of 1	0	Lowerbound					14010						
30	E2_A30_222	1 of 1	0,1	Lowerbound					14010						
30	E2_A30_223	1 of 1	0,3	Lowerbound					14010						
30	E2_A30_224	1 of 1	0,5	Lowerbound					14010						
40	E2_A40_1	1 of 1	0	Heur1	8830,58	4472,5	4253,5	88,0625	8814,0625	770	0,61299	0,21818	0,1052	0,0532	0,0234
40	E2_A40_2	1 of 1	0	Heur2	11135,3	5455	5679	1,15986	11135,15986	682	71,0%	41,9%	26,7%	16,3%	9,4%
40	E2_A40_3	1 of 1	0	Heur3	8877,48	4440	4313	111,479	8864,479	617	76,5%	52,5%	38,1%	28,0%	19,0%
40	E2_A40_4	1 of 1	0	Heur1p	8948,03	4627,5	4251	54,8452	8933,3452	804	58,5%	18,2%	7,5%	3,4%	1,2%
40	E2_A40_5	1 of 1	0	Heur2p	11153,3	5495	5657,25	0,896363	11153,14636	791	60,6%	21,4%	9,7%	4,7%	1,1%
40	E2_A40_6	1 of 1	0	Heur3p	8872,66	4480	4269,25	107,063	8856,313	696	68,5%	37,2%	23,7%	15,8%	11,5%
40	E2_A40_7	1 of 1	0	Heur4	8341,23	3935	4321,75	68,7001	8325,4501	656	66,5%	39,6%	24,1%	13,9%	6,4%
40	E2_A40_8	1 of 1	0	Heur5	11195,4	5423,75	5769,5	1,63759	11194,88759	533	89,7%	82,9%	76,7%	70,9%	65,7%

Nitem	Name	Completed	CVDemand	Heur	CtotalSimio	Csetup	Cholding	Cnondelivery	Ctotal(H+S+ND)	Mtotal	%M1	%M2	%M3	%M4	%M5
40	E2_A40_9	1 of 1	0	Heur6	8227,53	3902,5	4282	33,1513	8217,6513	592	70,9%	48,5%	34,5%	24,2%	15,5%
40	E2_A40_10	1 of 1	0	Heur7	12413,2	1582,5	10680,5	132,988	12395,988	678	26,0%	0,3%	0,0%	0,0%	0,0%
40	E2_A40_11	1 of 1	0	Heur8	12245,8	6495	5750,75	0	12245,75	1358	51,0%	16,3%	4,2%	1,2%	0,4%
40	E2_A40_12	1 of 1	0	Heur9	12120,5	6405	5715,5	0	12120,5	775	99,2%	99,0%	98,7%	98,5%	97,9%
40	E2_A40_13	1 of 1	0	Heur10	9048,78	4615	4247,25	168,93	9031,18	493	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%
40	E2_A40_14	1 of 1	0	Heur1	12159	5856,25	5997,25	270,632	12124,132	934	67,3%	33,5%	18,2%	10,5%	6,9%
40	E2_A40_15	1 of 1	0	Heur2	15579,2	7710	7856,25	9,43533	15575,68533	904	75,6%	48,1%	27,5%	17,9%	10,4%
40	E2_A40_16	1 of 1	0	Heur3	11916,9	5782,5	5941	161,488	11884,988	891	72,6%	45,9%	30,4%	21,1%	14,7%
40	E2_A40_17	1 of 1	0	Heur1p	12434,7	6330	5532,5	535,713	12398,213	955	62,9%	32,1%	16,1%	8,6%	4,9%
40	E2_A40_18	1 of 1	0	Heur2p	16266,7	8892,5	6076,75	1260,8	16230,05	927	71,3%	44,2%	26,3%	16,6%	10,8%
40	E2_A40_19	1 of 1	0	Heur3p	12614,2	6347,5	5612,5	617,656	12577,656	955	65,2%	33,8%	18,1%	10,1%	6,0%
40	E2_A40_20	1 of 1	0	Heur4	12361	5870	6114,25	340,303	12324,553	917	63,9%	34,0%	20,4%	12,0%	7,2%
40	E2_A40_21	1 of 1	0	Heur5	15909,1	7765	8139,75	3,6135	15908,3635	762	86,2%	75,1%	64,8%	54,7%	44,9%
40	E2_A40_22	1 of 1	0	Heur6	12363,2	5883,75	6143	299,879	12326,629	844	73,0%	51,3%	40,2%	30,8%	23,6%
40	E2_A40_23	1 of 1	0	Heur7	16842,3	2695	13663,5	449,068	16807,568	1214	23,1%	0,4%	0,1%	0,0%	0,0%
40	E2_A40_24	1 of 1	0	Heur8	17172,5	9115	8057,5	0	17172,5	2036	45,1%	10,8%	2,4%	0,5%	0,2%
40	E2_A40_25	1 of 1	0	Heur9	17021,5	9007,5	8014	0	17021,5	1054	99,4%	99,2%	99,1%	98,9%	98,7%
40	E2_A40_26	1 of 1	0	Heur10	12528,3	5977,5	5881,75	633,136	12492,386	697	100,0%	99,9%	99,6%	99,3%	98,9%
40	E2_A40_27	1 of 1	0	Heur1	15419,3	6852,5	7269,5	1242,36	15364,36	979	67,6%	38,7%	22,8%	12,8%	6,8%
40	E2_A40_28	1 of 1	0	Heur2	19504,7	9400	10032,8	64,1545	19496,9545	983	78,6%	58,1%	44,3%	34,6%	27,2%
40	E2_A40_29	1 of 1	0	Heur3	15194,1	7058,75	7292,25	788,486	15139,486	1019	71,6%	44,6%	32,3%	24,6%	18,9%
40	E2_A40_30	1 of 1	0	Heur1p	20346,4	8302,5	5355,5	6633,47	20291,47	998	54,9%	27,2%	13,4%	6,2%	3,4%
40	E2_A40_31	1 of 1	0	Heur2p	22191,8	10340	5804	5992,93	22136,93	993	58,8%	31,7%	16,2%	8,1%	3,8%
40	E2_A40_32	1 of 1	0	Heur3p	20656,8	8148,75	5506	6947,11	20601,86	979	57,2%	33,3%	20,3%	12,3%	7,7%
40	E2_A40_33	1 of 1	0	Heur4	15624,9	6897,5	7471	1202,92	15571,42	965	67,8%	42,8%	28,2%	18,9%	12,2%
40	E2_A40_34	1 of 1	0	Heur5	19299,6	9297,5	9980	18,4643	19295,9643	863	89,6%	82,3%	75,6%	69,1%	62,8%
40	E2_A40_35	1 of 1	0	Heur6	15272,1	6820	7472	925,221	15217,221	965	69,0%	45,0%	29,8%	19,4%	13,4%
40	E2_A40_36	1 of 1	0	Heur7	21071,6	3682,5	13190,3	4143,97	21016,77	1690	22,2%	1,7%	0,1%	0,0%	0,0%
40	E2_A40_37	1 of 1	0	Heur8	20874,5	11011,3	9863,25	0	20874,55	2787	39,5%	4,1%	0,5%	0,1%	0,0%
40	E2_A40_38	1 of 1	0	Heur9	20781,5	10970	9811,5	0	20781,5	1247	97,8%	96,2%	94,7%	93,3%	91,8%
40	E2_A40_39	1 of 1	0	Heur10	16086,2	7638,75	7915,75	478,744	16033,244	846	100,0%	100,0%	99,9%	99,8%	99,6%
40	E2_A40_40	1 of 1	0	Heur1	23242,7	7675	7816,25	7678,25	23169,5	905	64,1%	37,8%	24,2%	16,1%	11,0%
40	E2_A40_41	1 of 1	0	Heur2	24899,7	10162,5	10360,3	4303,75	24826,55	861	70,3%	56,3%	31,1%	15,1%	7,5%
40	E2_A40_42	1 of 1	0	Heur3	21428,3	7798,75	8000,75	5555,54	21355,04	913	69,3%	46,8%	33,1%	24,8%	19,5%
40	E2_A40_43	1 of 1	0	Heur1p	38420,8	7358,75	4437,25	26551,6	38347,6	911	46,7%	17,6%	5,8%	1,8%	0,5%
40	E2_A40_44	1 of 1	0	Heur2p	36947,5	8866,25	5272,25	22735,8	36874,3	911	50,7%	21,4%	10,0%	4,4%	1,8%
40	E2_A40_45	1 of 1	0	Heur3p	38346,4	7258,75	4632	26382,4	38273,15	917	52,7%	23,6%	11,0%	3,8%	1,7%
40	E2_A40_46	1 of 1	0	Heur4	20215,6	7597,5	8396,25	4148,68	20142,43	913	66,0%	45,2%	31,0%	21,0%	14,3%
40	E2_A40_47	1 of 1	0	Heur5	24233,7	9785	11114,5	3260,97	24160,47	845	77,2%	59,8%	34,3%	19,2%	8,2%
40	E2_A40_48	1 of 1	0	Heur6	21039,2	7566,25	8305,5	5094,24	20965,99	918	64,3%	42,3%	28,8%	19,3%	12,5%
40	E2_A40_49	1 of 1	0	Heur7	31055,8	3753,75	13474	13754,9	30982,65	1883	16,3%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
40	E2_A40_50	1 of 1	0	Heur8	19620,1	6628,75	12490,5	432,745	19551,995	2690	28,3%	0,9%	0,0%	0,0%	0,0%
40	E2_A40_51	1 of 1	0	Heur9	132751	0	62487,8	70190,4	132678,2	317	80,1%	63,1%	51,4%	41,0%	34,4%
40	E2_A40_52	1 of 1	0	Heur10	23076,5	9968,75	7388,25	5646,27	23003,27	1047	96,7%	93,2%	89,8%	86,2%	82,7%
40	E2_A40_53	10 of 10	0,1	Heur1	8826,2	4462,75	4256,6	88,7695	8808,1195	759	62,1%	23,4%	10,6%	5,0%	2,5%
40	E2_A40_54	10 of 10	0,1	Heur2	11192,7	5459,88	5687,63	33,0031	11180,5131	754,9	64,4%	27,7%	13,9%	7,5%	4,1%
40	E2_A40_55	10 of 10	0,1	Heur3	8901,12	4470	4332,55	81,2627	8883,8127	714,4	65,8%	30,9%	15,2%	7,8%	3,8%
40	E2_A40_56	10 of 10	0,1	Heur1p	8929,43	4648	4184,65	79,498	8912,148	797,4	58,8%	20,2%	7,7%	3,3%	1,2%
40	E2_A40_57	10 of 10	0,1	Heur2p	11032,1	5589,25	5414,98	18,878	11023,108	827,6	59,4%	18,6%	6,5%	2,5%	1,0%
40	E2_A40_58	10 of 10	0,1	Heur3p	8773,91	4466,5	4233,68	58,254	8758,434	795,6	58,9%	20,2%	7,6%	3,0%	1,2%
40	E2_A40_59	10 of 10	0,1	Heur4	8370,6	3935	4338,53	79,2176	8352,7476	661,3	59,2%	29,6%	14,5%	7,1%	2,6%
40	E2_A40_60	10 of 10	0,1	Heur5	11209	5392,75	5789,28	17,7221	11199,7521	570	61,4%	36,8%	22,4%	13,8%	8,6%
40	E2_A40_61	10 of 10	0,1	Heur6	8278,82	3899,25	4297,15	64,6309	8261,0309	588,8	61,2%	34,1%	19,5%	10,9%	5,9%
40	E2_A40_62	10 of 10	0,1	Heur7	12439,3	1569	10665,3	185,466	12419,766	676,8	24,9%	0,5%	0,0%	0,0%	0,0%
40	E2_A40_63	10 of 10	0,1	Heur8	12358,3	6496,5	5861,83	0	12358,33	1155,6	56,3%	25,9%	13,1%	7,4%	4,4%
40	E2_A40_64	10 of 10	0,1	Heur9	12239,9	6427	5812,85	0	12239,85	771	96,1%	90,5%	83,9%	76,9%	69,9%
40	E2_A40_65	10 of 10	0,1	Heur10	8937,76	4535,5	4215,55	167,502	8918,552	492,5	98,2%	94,5%	89,6%	83,4%	76,1%
40	E2_A40_66	10 of 10	0,1	Heur1	12204,3	5841,38	5984,78	338,228	12164,388	923,5	65,9%	32,4%	17,4%	10,0%	5,8%
40	E2_A40_67	10 of 10	0,1	Heur2	15862,7	7808,75	7947,13	81,1343	15837,0143	936,2	69,9%	38,8%	22,1%	12,4%	7,0%
40	E2_A40_68	10 of 10	0,1	Heur3	12107,9	5792,63	5966,8	309,254	12068,684	901	70,4%	40,7%	25,3%	16,3%	10,4%
40	E2_A40_69	10 of 10	0,1	Heur1p	12628,7	6485,63	5446,9	654,322	12586,852	981,2	62,9%	31,6%	16,1%	8,2%	4,1%
40	E2_A40_70	10 of 10	0,1	Heur2p	15848,9	8756	6377,48	673,688	15807,168	967,8	66,4%	36,6%	20,1%	11,0%	6,0%
40	E2_A40_71	10 of 10	0,1	Heur3p	12730,5	6465,13	5481,53	741,488	12688,148	976,4	62,5%	31,4%	16,0%	8,2%	4,1%
40	E2_A40_72	10 of 10	0,1	Heur4	12420,1	5851,5	6127,8	400,308	12379,608	893,3	60,5%	30,6%	16,5%	9,2%	4,8%
40	E2_A40_73	10 of 10	0,1	Heur5	15886,5	7695,25	8161,5	21,2423	15877,9923	824,5	63,2%	37,3%	22,5%	13,3%	7,7%
40	E2_A40_74	10 of 10	0,1	Heur6	12388	5889,38	6187,15	270,669	12347,199	871,6	62,5%	33,8%	20,3%	12,5%	8,0%
40	E2_A40_75	10 of 10	0,1	Heur7	16804,4	2709	13672,1	383,478	16764,578	1215	23,2%	0,5%	0,0%	0,0%	0,0%





Nitems	Name	Completed	CVDemand	Heur	CtotalSimio	Csetup	Cholding	Cnondelivery	Ctotal(H+S+ND)	Mtotal	%M1	%M2	%M3	%M4	%M5
40	E2_A40_142	10 of 10	0,3	Heur9	20712,8	10320	10392,8	0	20712,8	1199	89,1%	75,1%	61,1%	48,0%	36,9%
40	E2_A40_143	10 of 10	0,3	Heur10	15980,2	7588,88	7656,38	660,911	15906,171	849,4	95,3%	87,4%	76,9%	64,4%	50,2%
40	E2_A40_144	10 of 10	0,3	Heur1	22270,7	7762,88	7969	6414,57	22146,45	904,3	65,5%	38,9%	22,8%	13,7%	8,1%
40	E2_A40_145	10 of 10	0,3	Heur2	24986,6	10086,4	10330,6	4445,88	24862,88	870,2	64,3%	35,0%	17,4%	8,4%	4,1%
40	E2_A40_146	10 of 10	0,3	Heur3	21661,1	7830,88	8003,73	5703,35	21537,96	911,3	68,0%	42,5%	27,1%	17,5%	11,1%
40	E2_A40_147	10 of 10	0,3	Heur1p	38488,2	7345,38	4443,4	26566,1	38354,88	902,2	46,3%	17,3%	6,2%	2,3%	0,7%
40	E2_A40_148	10 of 10	0,3	Heur2p	37192,7	8983,5	5255,68	22821	37060,18	917,5	50,7%	22,2%	8,9%	3,5%	1,1%
40	E2_A40_149	10 of 10	0,3	Heur3p	38087	7309,63	4752,43	25892,9	37954,96	894,2	49,6%	20,4%	8,4%	3,3%	1,1%
40	E2_A40_150	10 of 10	0,3	Heur4	21218,9	7552,25	8404,63	5141,47	21098,35	908,2	58,5%	33,7%	19,9%	11,8%	6,8%
40	E2_A40_151	10 of 10	0,3	Heur5	24617	9733,5	11105,9	3656,44	24495,84	855,1	67,8%	43,5%	26,4%	15,3%	8,6%
40	E2_A40_152	10 of 10	0,3	Heur6	20914	7541,75	8421,18	4830,3	20793,23	909,8	60,2%	37,0%	22,6%	13,8%	8,4%
40	E2_A40_153	10 of 10	0,3	Heur7	31472,5	3759,75	13443	14141,5	31344,25	1885,9	16,3%	0,2%	0,0%	0,0%	0,0%
40	E2_A40_154	10 of 10	0,3	Heur8	20250,3	6488,75	13417,7	264,861	20171,311	959,7	68,3%	49,8%	39,9%	31,7%	24,8%
40	E2_A40_155	10 of 10	0,3	Heur9	77272,7	10753,9	10344	333	21430,9	1354,3	88,1%	74,1%	60,1%	47,0%	35,5%
40	E2_A40_156	10 of 10	0,3	Heur10	23268,1	9611,13	7584,63	5947,34	23143,1	1060,5	93,0%	82,4%	69,8%	55,4%	39,5%
40	E2_A40_157	10 of 10	0,5	Heur1	8908,68	4496,13	4349,53	45,9962	8891,6562	803,2	61,1%	20,9%	7,2%	2,7%	1,1%
40	E2_A40_158	10 of 10	0,5	Heur2	11282,2	5503,13	5744,95	22,523	11270,603	805,2	61,9%	21,7%	7,3%	2,5%	0,8%
40	E2_A40_159	10 of 10	0,5	Heur3	8892,94	4417,88	4406,03	50,8273	8874,7373	786,8	62,3%	23,3%	8,5%	3,1%	1,2%
40	E2_A40_160	10 of 10	0,5	Heur1p	8987,77	4698,63	4202,83	65,0585	8966,5185	815	58,4%	19,1%	6,2%	2,3%	0,6%
40	E2_A40_161	10 of 10	0,5	Heur2p	11034,1	5845,88	5136,8	35,3392	11018,0192	838,3	61,3%	21,5%	7,0%	2,3%	0,7%
40	E2_A40_162	10 of 10	0,5	Heur3p	8939,74	4609,13	4232,3	76,4581	8917,8881	810,4	58,7%	20,9%	7,2%	2,7%	1,1%
40	E2_A40_163	10 of 10	0,5	Heur4	8642,66	3935,13	4366,8	308,201	8610,131	681,8	40,4%	14,5%	5,5%	2,0%	0,6%
40	E2_A40_164	10 of 10	0,5	Heur5	11480,6	5418,75	5823,53	208,343	11450,623	634,7	32,5%	11,2%	4,9%	2,5%	1,6%
40	E2_A40_165	10 of 10	0,5	Heur6	8550,98	3893,5	4326,83	297,542	8517,872	587,4	35,1%	12,9%	5,3%	2,4%	1,1%
40	E2_A40_166	10 of 10	0,5	Heur7	12485,3	1564,75	10755	141,799	12461,549	683	25,7%	0,8%	0,0%	0,0%	0,0%
40	E2_A40_167	10 of 10	0,5	Heur8	12744,9	6416,88	6328,05	0	12744,93	1183,7	54,0%	21,8%	8,7%	3,7%	1,7%
40	E2_A40_168	10 of 10	0,5	Heur9	12672,8	6395,88	6276,9	0	12672,78	774,7	86,4%	69,1%	53,3%	39,4%	28,2%
40	E2_A40_169	10 of 10	0,5	Heur10	8997,66	4497,25	4254,53	215,08	8966,86	490,1	94,8%	85,9%	74,3%	60,7%	45,7%
40	E2_A40_170	10 of 10	0,5	Heur1	12305,7	5874,13	6071,03	306,301	12251,461	949,4	66,0%	32,0%	15,2%	7,3%	3,4%
40	E2_A40_171	10 of 10	0,5	Heur2	15972,4	7718	8026,43	184,592	15929,022	976	68,0%	33,6%	15,5%	7,1%	3,0%
40	E2_A40_172	10 of 10	0,5	Heur3	12367,6	5900,75	6021,53	388,45	12310,73	951,2	66,2%	32,1%	15,3%	7,3%	3,5%
40	E2_A40_173	10 of 10	0,5	Heur1p	12773,6	6544,25	5511	652,838	12708,088	989,4	61,3%	29,8%	13,7%	6,4%	2,7%
40	E2_A40_174	10 of 10	0,5	Heur2p	16055,7	8833,13	6274,63	879,692	15987,452	989	64,7%	34,2%	17,1%	8,2%	3,5%
40	E2_A40_175	10 of 10	0,5	Heur3p	12844,5	6598,13	5544,65	637,126	12779,906	1003,5	60,8%	29,0%	13,7%	6,3%	2,6%
40	E2_A40_176	10 of 10	0,5	Heur4	12934	5824,88	6208,6	831,701	12865,181	899,4	41,8%	15,5%	5,9%	2,3%	0,8%
40	E2_A40_177	10 of 10	0,5	Heur5	16339,4	7648,75	8267,48	363,607	16279,837	925,8	38,9%	12,4%	4,5%	2,1%	1,2%
40	E2_A40_178	10 of 10	0,5	Heur6	12938	5909,13	6267	693,107	12869,237	896,7	38,3%	13,1%	4,7%	2,0%	1,0%
40	E2_A40_179	10 of 10	0,5	Heur7	17037,3	2755	13699,9	522,569	16977,469	1232,7	23,8%	0,8%	0,0%	0,0%	0,0%
40	E2_A40_180	10 of 10	0,5	Heur8	18153,5	9112,63	9040,88	0	18153,51	1512	57,9%	27,4%	13,1%	6,4%	3,2%
40	E2_A40_181	10 of 10	0,5	Heur9	17863,7	8921,25	8942,45	0	17863,7	1054,8	84,8%	65,4%	47,8%	33,4%	22,3%
40	E2_A40_182	10 of 10	0,5	Heur10	12751,2	6071,5	5880,53	734,233	12686,263	700,1	94,2%	84,5%	72,1%	57,7%	41,6%
40	E2_A40_183	10 of 10	0,5	Heur1	15893,6	7040	7290,8	1460,13	15790,93	993,6	68,4%	38,3%	21,3%	11,6%	6,0%
40	E2_A40_184	10 of 10	0,5	Heur2	19849,4	9392,88	9839,1	531,876	19763,856	982,3	71,1%	41,9%	24,1%	13,5%	7,4%
40	E2_A40_185	10 of 10	0,5	Heur3	15884,4	7062,38	7323,73	1395,51	15781,62	996	68,1%	38,4%	21,6%	12,1%	6,4%
40	E2_A40_186	10 of 10	0,5	Heur1p	20954,1	8261,5	5358,33	7211,13	20830,96	998	55,2%	27,4%	12,9%	6,2%	3,0%
40	E2_A40_187	10 of 10	0,5	Heur2p	22927,6	10108,5	5762,93	6934,7	22806,13	1009,4	54,1%	25,5%	11,1%	4,7%	2,0%
40	E2_A40_188	10 of 10	0,5	Heur3p	21381,4	8228,88	5377,25	7651,9	21258,03	1006,7	54,5%	26,8%	13,2%	6,5%	3,0%
40	E2_A40_189	10 of 10	0,5	Heur4	16307,1	6821	7609,68	1767,3	16197,98	962,1	45,5%	20,4%	9,4%	4,2%	1,9%
40	E2_A40_190	10 of 10	0,5	Heur5	20174,1	9313,25	10250	527,507	20090,757	882,1	42,6%	18,9%	8,4%	3,6%	1,7%
40	E2_A40_191	10 of 10	0,5	Heur6	16018,4	6838,63	7671,23	1406,15	15916,01	960,6	47,0%	21,3%	10,0%	4,7%	2,3%
40	E2_A40_192	10 of 10	0,5	Heur7	21419,5	3765,63	13189,2	4348,24	21303,07	1711,2	22,6%	1,1%	0,1%	0,0%	0,0%
40	E2_A40_193	10 of 10	0,5	Heur8	21548,5	10547,6	11000,9	0	21548,5	1558,6	64,2%	37,1%	22,4%	13,6%	8,2%
40	E2_A40_194	10 of 10	0,5	Heur9	21142,1	10260,1	10882	0	21142,1	1194,8	84,2%	64,8%	46,4%	31,7%	21,2%
40	E2_A40_195	10 of 10	0,5	Heur10	16201,6	7665,5	7614,7	828,462	16108,662	859,9	93,9%	83,6%	70,6%	55,8%	39,4%
40	E2_A40_196	10 of 10	0,5	Heur1	22834,2	7766,88	7936,75	7936,75	22675,4	907,9	63,5%	35,8%	19,9%	11,2%	6,2%
40	E2_A40_197	10 of 10	0,5	Heur2	25563,3	10066,1	10292,2	5048,61	25406,91	871,9	62,4%	33,3%	16,3%	7,7%	3,6%
40	E2_A40_198	10 of 10	0,5	Heur3	22338,5	7859,13	8001,55	6319,75	22180,43	913,7	66,3%	39,1%	22,3%	12,9%	7,4%
40	E2_A40_199	10 of 10	0,5	Heur1p	38765	7304,13	4438,7	26848,7	38591,53	913,6	46,3%	17,5%	6,0%	1,9%	0,5%
40	E2_A40_200	10 of 10	0,5	Heur2p	37883,9	9001,63	5252,88	23457,7	37712,21	920	49,9%	21,2%	8,1%	3,0%	0,9%
40	E2_A40_201	10 of 10	0,5	Heur3p	38643,7	7266	4674,2	26531,9	38472,1	907,6	48,4%	19,4%	7,6%	2,7%	1,0%
40	E2_A40_202	10 of 10	0,5	Heur4	21664,3	7539,38	8452,4	5512,77	21504,55	906,3	50,8%	26,4%	13,8%	7,1%	3,6%
40	E2_A40_203	10 of 10	0,5	Heur5	25226,2	9709,13	11091,8	4271,76	25072,69	849,9	59,7%	35,4%	19,8%	10,6%	5,7%
40	E2_A40_204	10 of 10	0,5	Heur6	21100,8	7595,25	8499,55	4850,37	20945,17	906,4	52,3%	28,6%	15,4%	8,2%	4,3%
40	E2_A40_205	10 of 10	0,5	Heur7	32379,8	3772,38	13323	15117,5	32212,88	1887,3	16,6%	0,2%	0,0%	0,0%	0,0%
40	E2_A40_206	10 of 10	0,5	Heur8	20637,8	6228	13731,9	572,423	20532,323	928,7	61,3%	39,5%	27,7%	19,6%	13,5%
40	E2_A40_207	10 of 10	0,5	Heur9	106891	12650	67949,1	26117,1	106716,2	1700,8	64,7%	36,0%	18,4%	9,4%	4,9%
40	E2_A40_208	10 of 10	0,5	Heur10	23385,1	9303,13	7644,23	6276	23223,36	1043,8	91,3%	78,6%	63,5%	46,7%	28,8%

Nitems	Name	Completed	CVDemand	Heur	CtotalSimio	Csetup	Cholding	Cnondelivery	Ctotal(H+S+ND)	Mtotal	%M1	%M2	%M3	%M4	%M5
40	E2_A40_209	1 of 1	0	Lowerbound					8272						
40	E2_A40_210	1 of 1	0,1	Lowerbound					8272						
40	E2_A40_211	1 of 1	0,3	Lowerbound					8272						
40	E2_A40_212	1 of 1	0,5	Lowerbound					8272						
40	E2_A40_213	1 of 1	0	Lowerbound					11640						
40	E2_A40_214	1 of 1	0,1	Lowerbound					11640						
40	E2_A40_215	1 of 1	0,3	Lowerbound					11640						
40	E2_A40_216	1 of 1	0,5	Lowerbound					11640						
40	E2_A40_217	1 of 1	0	Lowerbound					14176						
40	E2_A40_218	1 of 1	0,1	Lowerbound					14176						
40	E2_A40_219	1 of 1	0,3	Lowerbound					14176						
40	E2_A40_220	1 of 1	0,5	Lowerbound					14176						
40	E2_A40_221	1 of 1	0	Lowerbound					16296						
40	E2_A40_222	1 of 1	0,1	Lowerbound					16296						
40	E2_A40_223	1 of 1	0,3	Lowerbound					16296						
40	E2_A40_224	1 of 1	0,5	Lowerbound					16296						

Experimento E3

La Tabla A 3 muestra los datos de cada instancia experimento E3. Este experimento se lleva a cabo los data set HD1, HD2, HD3 y HD4 descritos en el capítulo 5 .

Tabla A 3 Resultados experimento E3

Data Set	Name	Completed	CVDemand	HEUR	CtotalSimio	Csetup	Cholding	Cnondelivery	Ctotal(H+S+ND)	Mtotal	%M1	%M2	%M3	%M4	%M5
HD1	E3_HD1_1	1 of 1	0	Heur1	5704,74	2716,25	2863,00	107,21	5686,455	393	58,8%	16,3%	5,6%	1,8%	0,5%
HD1	E3_HD1_2	1 of 1	0	Heur2	6414,04	3075,00	3299,50	36,83	6411,3346	458	59,0%	17,7%	11,8%	5,9%	0,0%
HD1	E3_HD1_3	1 of 1	0	Heur3	5587,07	2700,00	2886,50	0,35	5586,8484	393	58,8%	16,5%	9,9%	5,6%	3,1%
HD1	E3_HD1_4	1 of 1	0	Heur1p	5710,61	2881,25	2710,50	98,16	5689,91	421	58,2%	13,1%	4,5%	1,4%	0,5%
HD1	E3_HD1_5	1 of 1	0	Heur2p	6386,28	3070,00	3311,25	4,41	6385,66179	526	51,9%	3,4%	1,1%	0,4%	0,0%
HD1	E3_HD1_6	1 of 1	0	Heur3p	5595,05	2672,50	2922,00	0,33	5594,833225	448	53,6%	6,5%	2,2%	0,9%	0,4%
HD1	E3_HD1_7	1 of 1	0	Heur4	5658,01	2637,50	2911,25	91,46	5640,2053	399	55,4%	12,3%	3,3%	0,3%	0,0%
HD1	E3_HD1_8	1 of 1	0	Heur5	6408,51	3076,25	3326,25	5,26	6407,76084	327	82,6%	65,7%	56,9%	48,9%	41,0%
HD1	E3_HD1_9	1 of 1	0	Heur6	5622,91	2676,25	2936,25	7,93	5620,42725	324	69,8%	39,2%	20,7%	10,2%	6,2%
HD1	E3_HD1_10	1 of 1	0	Heur7	6344,65	1782,50	4350,75	190,50	6323,745	607	20,9%	0,3%	0,0%	0,0%	0,0%
HD1	E3_HD1_11	1 of 1	0	Heur8	8374,25	4466,25	3908,00	0,00	8374,25	830	34,1%	2,8%	0,1%	0,0%	0,0%
HD1	E3_HD1_12	1 of 1	0	Heur9	8251,75	4383,75	3868,00	0,00	8251,75	371	100,0%	94,6%	80,9%	56,1%	31,0%
HD1	E3_HD1_13	1 of 1	0	Heur10	6072,88	2578,75	2764,00	707,15	6049,895	220	99,5%	99,1%	97,3%	94,5%	90,9%
HD1	E3_HD1_14	1 of 1	0	Heur1	8276,58	3656,25	4184,25	393,03	8233,532	473	68,1%	33,0%	14,0%	5,3%	2,1%
HD1	E3_HD1_15	1 of 1	0	Heur2	9235,29	4212,50	4936,50	69,47	9218,4703	590	60,0%	22,5%	9,2%	5,3%	2,4%
HD1	E3_HD1_16	1 of 1	0	Heur3	8124,47	3705,00	3991,50	392,54	8089,035	454	55,7%	24,4%	14,3%	11,0%	8,1%
HD1	E3_HD1_17	1 of 1	0	Heur1p	8659,87	4503,75	3647,25	462,54	8613,539	542	62,7%	28,2%	10,9%	3,0%	0,6%
HD1	E3_HD1_18	1 of 1	0	Heur2p	9392,47	4961,25	4095,25	292,15	9348,649	626	63,9%	27,2%	12,5%	5,4%	2,7%
HD1	E3_HD1_19	1 of 1	0	Heur3p	8985,63	4600,00	3562,50	776,80	8939,295	527	63,8%	28,3%	12,1%	4,0%	1,1%
HD1	E3_HD1_20	1 of 1	0	Heur4	8349,26	3551,25	4222,75	532,46	8306,463	473	63,0%	26,8%	11,4%	3,8%	0,8%
HD1	E3_HD1_21	1 of 1	0	Heur5	9167,29	4176,25	4972,75	16,67	9165,67	446	82,3%	65,7%	57,2%	48,9%	40,8%
HD1	E3_HD1_22	1 of 1	0	Heur6	7975,56	3665,00	4274,00	33,73	7972,7344	447	68,7%	38,0%	21,9%	15,4%	10,5%
HD1	E3_HD1_23	1 of 1	0	Heur7	9336,9	2478,75	6033,75	778,09	9290,586	1088	17,1%	0,3%	0,0%	0,0%	0,0%
HD1	E3_HD1_24	1 of 1	0	Heur8	11829	6007,50	5821,50	0,00	11829	1489	26,5%	0,1%	0,0%	0,0%	0,0%
HD1	E3_HD1_25	1 of 1	0	Heur9	11608,5	5861,25	5747,25	0,00	11608,5	504	100,0%	94,2%	74,4%	52,6%	31,7%
HD1	E3_HD1_26	1 of 1	0	Heur10	10130,6	3677,50	3891,50	2515,25	10084,25	308	99,0%	97,4%	95,1%	90,6%	85,1%
HD1	E3_HD1_27	1 of 1	0	Heur1	10954	4285,00	5031,75	1573,20	10889,95	500	71,4%	41,8%	23,6%	12,0%	6,4%
HD1	E3_HD1_28	1 of 1	0	Heur2	10804,8	5032,50	5760,25	10,36	10803,1054	656	66,8%	33,5%	21,3%	14,5%	8,4%
HD1	E3_HD1_29	1 of 1	0	Heur3	10316,8	4405,00	5165,50	685,80	10256,301	507	68,6%	41,2%	27,4%	19,1%	12,8%
HD1	E3_HD1_30	1 of 1	0	Heur1p	14097,2	6127,50	3541,00	4359,33	14027,83	578	68,0%	40,1%	22,1%	11,1%	4,0%
HD1	E3_HD1_31	1 of 1	0	Heur2p	13179,7	7032,50	3995,75	2082,11	13110,36	626	74,4%	48,9%	31,3%	20,0%	11,0%
HD1	E3_HD1_32	1 of 1	0	Heur3p	14530,9	6320,00	3565,25	4576,33	14461,58	582	67,4%	41,2%	21,6%	10,1%	3,3%
HD1	E3_HD1_33	1 of 1	0	Heur4	10895,5	4117,50	5273,50	1435,11	10826,11	472	66,7%	38,6%	22,2%	12,7%	6,4%
HD1	E3_HD1_34	1 of 1	0	Heur5	11526,5	4995,00	6512,75	17,22	11524,9741	487	88,5%	78,4%	69,0%	59,8%	50,5%
HD1	E3_HD1_35	1 of 1	0	Heur6	10004,7	4378,75	5600,50	23,16	10002,4088	517	69,2%	40,0%	25,1%	16,2%	7,5%
HD1	E3_HD1_36	1 of 1	0	Heur7	14118,2	2937,50	6583,00	4528,38	14048,88	1507	15,4%	0,4%	0,0%	0,0%	0,0%
HD1	E3_HD1_37	1 of 1	0	Heur8	13781,5	6607,50	7174,00	0,00	13781,5	1954	23,9%	0,2%	0,0%	0,0%	0,0%
HD1	E3_HD1_38	1 of 1	0	Heur9	13276,1	6335,00	6941,00	0,04	13276,044	545	100,0%	97,4%	83,1%	59,1%	32,8%
HD1	E3_HD1_39	1 of 1	0	Heur10	13601,2	4205,00	5104,00	4222,86	13531,86	367	98,6%	95,6%	91,3%	85,6%	79,0%
HD1	E3_HD1_40	1 of 1	0	Heur1	18981,7	4572,50	5216,50	9100,37	18889,37	448	71,4%	47,3%	31,7%	22,1%	12,7%
HD1	E3_HD1_41	1 of 1	0	Heur2	12848	5621,25	6782,25	399,60	12803,096	560	77,1%	58,9%	47,1%	37,1%	28,8%
HD1	E3_HD1_42	1 of 1	0	Heur3	11349,3	4953,75	5308,25	1038,17	11300,17	463	86,4%	73,7%	63,3%	46,4%	27,2%
HD1	E3_HD1_43	1 of 1	0	Heur1p	33609	6461,25	2532,00	24523,40	33516,65	547	54,1%	24,3%	10,6%	5,3%	2,2%
HD1	E3_HD1_44	1 of 1	0	Heur2p	27703,7	7127,50	3016,00	17467,80	27611,3	588	48,3%	15,5%	6,0%	4,1%	2,6%
HD1	E3_HD1_45	1 of 1	0	Heur3p	31401,3	6167,50	2754,50	22386,90	31308,9	527	56,9%	23,9%	11,4%	4,4%	1,7%
HD1	E3_HD1_46	1 of 1	0	Heur4	21053,1	4186,25	5841,75	10943,20	20971,2	423	71,9%	48,5%	33,6%	24,3%	15,6%
HD1	E3_HD1_47	1 of 1	0	Heur5	13490,6	5535,00	7955,00	0,57	13490,56745	546	85,3%	71,8%	58,4%	49,5%	40,3%
HD1	E3_HD1_48	1 of 1	0	Heur6	15064,6	4417,50	6129,50	4432,28	14979,28	427	74,2%	56,0%	42,6%	32,3%	20,4%
HD1	E3_HD1_49	1 of 1	0	Heur7	21410,1	3120,00	7223,00	10974,70	21317,7	1853	14,2%	0,3%	0,0%	0,0%	0,0%
HD1	E3_HD1_50	1 of 1	0	Heur8	14552,8	6598,75	7954,00	0,00	14552,75	2474	21,3%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
HD1	E3_HD1_51	1 of 1	0	Heur9	110124	44062,50	418,00	65551,40	110031,9	2114	43,2%	6,8%	2,9%	2,0%	1,2%
HD1	E3_HD1_52	1 of 1	0	Heur10	14303,4	5065,00	7072,75	2073,26	14211,01	442	99,8%	98,6%	96,6%	93,4%	89,8%
HD1	E3_HD1_53	10 of 10	0,1	Heur1	5727,07	2725,00	2890,58	93,43	5709,0125	399,4	58,6%	15,1%	3,4%	0,8%	0,1%
HD1	E3_HD1_54	10 of 10	0,1	Heur2	6338,15	2992,38	3336,60	7,21	6336,19149	491,4	56,370%	####	3,134%	0,773%	0,020%
HD1	E3_HD1_55	10 of 10	0,1	Heur3	5665,86	2700,88	2904,38	49,85	5655,105	411,1	56,7%	12,5%	4,5%	1,8%	0,8%
HD1	E3_HD1_56	10 of 10	0,1	Heur1p	5722,01	2899,00	2746,80	60,40	5706,1978	422,1	56,8%	13,5%	3,8%	1,2%	0,3%
HD1	E3_HD1_57	10 of 10	0,1	Heur2p	6384,84	3086,25	3291,85	4,57	6382,6697	519,9	53,4%	6,1%	1,0%	0,2%	0,0%
HD1	E3_HD1_58	10 of 10	0,1	Heur3p	5710,5	2860,13	2807,85	33,05	5701,0282	432,1	55,3%	11,5%	3,4%	1,0%	0,4%
HD1	E3_HD1_59	10 of 10	0,1	Heur4	5657,29	2637,50	2922,18	78,98	5638,6581	400,4	54,3%	11,1%	2,5%	0,5%	0,0%

*Efectos de la complejidad y la incertidumbre sobre el ELSF*

HD1	E3_HD1_60	10 of 10	0,1	Heur5	6441,03	3076,25	3328,80	26,93	6431,9753	327	67,8%	41,1%	26,5%	16,8%	10,3%
HD1	E3_HD1_61	10 of 10	0,1	Heur6	5641,07	2676,25	2934,38	23,33	5633,964	321,5	64,9%	34,6%	19,7%	11,4%	6,0%
HD1	E3_HD1_62	10 of 10	0,1	Heur7	6391,13	1779,75	4432,43	157,37	6369,552	605,2	21,0%	0,4%	0,0%	0,0%	0,0%
HD1	E3_HD1_63	10 of 10	0,1	Heur8	8496,88	4428,38	4068,50	0,00	8496,88	863,9	31,4%	2,3%	0,0%	0,0%	0,0%
HD1	E3_HD1_64	10 of 10	0,1	Heur9	8383,45	4358,13	4025,33	0,00	8383,46	370,7	97,2%	87,1%	68,3%	44,9%	22,6%
HD1	E3_HD1_65	10 of 10	0,1	Heur10	6178,59	2616,50	2750,00	784,03	6150,532	221,4	98,6%	96,3%	92,7%	87,9%	82,1%
HD1	E3_HD1_66	10 of 10	0,1	Heur1	8551,49	3612,00	4149,73	739,46	8501,185	477,3	65,4%	28,8%	13,1%	5,5%	2,4%
HD1	E3_HD1_67	10 of 10	0,1	Heur2	9137,19	4188,75	4901,93	39,36	9130,0406	610,7	61,7%	22,0%	7,5%	3,0%	1,3%
HD1	E3_HD1_68	10 of 10	0,1	Heur3	8162,66	3728,00	4250,23	155,03	8133,263	490,2	63,6%	27,1%	13,2%	7,0%	3,7%
HD1	E3_HD1_69	10 of 10	0,1	Heur1p	8749,97	4561,13	3604,50	534,74	8700,373	533,7	63,8%	28,3%	12,0%	4,8%	1,6%
HD1	E3_HD1_70	10 of 10	0,1	Heur2p	9737,52	5319,00	3905,00	462,56	9686,558	621,2	66,5%	31,2%	13,7%	5,8%	2,4%
HD1	E3_HD1_71	10 of 10	0,1	Heur3p	8844,16	4608,38	3568,95	615,02	8792,35	535	62,3%	27,3%	11,0%	4,1%	1,5%
HD1	E3_HD1_72	10 of 10	0,1	Heur4	8291,28	3576,38	4291,68	378,17	8246,234	473,7	60,0%	24,3%	9,8%	3,7%	1,2%
HD1	E3_HD1_73	10 of 10	0,1	Heur5	9222,33	4176,63	5015,80	24,66	9217,09	446,3	74,6%	51,3%	37,9%	28,1%	20,5%
HD1	E3_HD1_74	10 of 10	0,1	Heur6	8045,3	3678,00	4316,70	41,48	8036,1756	441,8	64,6%	33,0%	17,9%	10,2%	5,6%
HD1	E3_HD1_75	10 of 10	0,1	Heur7	9653,86	2422,63	5954,03	1223,03	9599,69	1079,8	17,2%	0,3%	0,0%	0,0%	0,0%
HD1	E3_HD1_76	10 of 10	0,1	Heur8	11942,9	5950,75	5992,18	0,00	11942,93	1459,3	25,9%	0,5%	0,0%	0,0%	0,0%
HD1	E3_HD1_77	10 of 10	0,1	Heur9	11772	5835,38	5936,58	0,00	11771,96	499,4	97,5%	88,4%	70,2%	46,2%	23,8%
HD1	E3_HD1_78	10 of 10	0,1	Heur10	10160,4	3594,88	3948,58	2560,92	10104,38	305,5	98,3%	94,8%	89,8%	82,9%	74,3%
HD1	E3_HD1_79	10 of 10	0,1	Heur1	12046,2	4240,38	4956,35	2768,76	11965,49	492,4	69,6%	38,9%	20,9%	11,0%	5,3%
HD1	E3_HD1_80	10 of 10	0,1	Heur2	11339,5	5010,00	6265,35	51,41	11326,7596	674,6	64,9%	29,0%	13,3%	6,1%	3,0%
HD1	E3_HD1_81	10 of 10	0,1	Heur3	10294,1	4438,75	5302,98	490,20	10231,931	515,9	69,7%	39,8%	22,8%	13,0%	7,2%
HD1	E3_HD1_82	10 of 10	0,1	Heur1p	13570	6227,13	3678,18	3580,36	13485,67	573,3	71,8%	42,8%	23,8%	12,1%	5,0%
HD1	E3_HD1_83	10 of 10	0,1	Heur2p	13097,6	6894,88	4139,75	1980,58	13015,21	639,7	72,6%	46,4%	27,8%	16,0%	8,8%
HD1	E3_HD1_84	10 of 10	0,1	Heur3p	14797	6399,13	3489,40	4823,54	14712,07	592,6	66,2%	38,5%	20,5%	9,3%	3,6%
HD1	E3_HD1_85	10 of 10	0,1	Heur4	11283,4	4111,88	5322,95	1767,49	11202,32	468,2	66,1%	37,3%	21,1%	10,9%	5,7%
HD1	E3_HD1_86	10 of 10	0,1	Heur5	11604,6	4995,75	6559,43	44,58	11599,756	487,9	80,5%	63,8%	49,3%	38,0%	29,2%
HD1	E3_HD1_87	10 of 10	0,1	Heur6	10068,8	4363,75	5609,98	80,50	10054,2282	505	67,8%	38,2%	22,0%	13,1%	6,5%
HD1	E3_HD1_88	10 of 10	0,1	Heur7	13653,9	2901,38	6674,40	3993,38	13569,16	1515,4	15,9%	0,3%	0,0%	0,0%	0,0%
HD1	E3_HD1_89	10 of 10	0,1	Heur8	14027,1	6644,25	7382,85	0,00	14027,1	1972,2	24,5%	0,5%	0,0%	0,0%	0,0%
HD1	E3_HD1_90	10 of 10	0,1	Heur9	13714,9	6442,75	7272,18	0,00	13714,93	552,9	98,1%	91,6%	75,4%	52,2%	27,5%
HD1	E3_HD1_91	10 of 10	0,1	Heur10	13560,8	4298,38	5219,75	3957,95	13476,08	372,1	98,0%	94,1%	88,5%	81,2%	72,3%
HD1	E3_HD1_92	10 of 10	0,1	Heur1	18512,7	4620,75	5351,73	8426,36	18398,84	450,4	71,5%	46,4%	30,2%	18,7%	10,0%
HD1	E3_HD1_93	10 of 10	0,1	Heur2	13171,4	5593,13	7369,70	178,63	13141,455	577,9	79,9%	60,5%	45,9%	35,1%	26,4%
HD1	E3_HD1_94	10 of 10	0,1	Heur3	13068,1	4924,63	5663,28	2375,21	12963,12	462,5	78,7%	60,5%	45,3%	31,2%	18,6%
HD1	E3_HD1_95	10 of 10	0,1	Heur1p	33623,3	6437,88	2528,68	24538,70	33505,26	553,4	53,5%	23,2%	10,9%	5,2%	2,2%
HD1	E3_HD1_96	10 of 10	0,1	Heur2p	28613	7152,50	2962,28	18381,10	28495,88	572,6	46,6%	14,4%	6,3%	3,2%	1,6%
HD1	E3_HD1_97	10 of 10	0,1	Heur3p	31723,6	6200,25	2741,65	22662,90	31604,8	545,4	54,7%	23,8%	11,2%	5,2%	2,1%
HD1	E3_HD1_98	10 of 10	0,1	Heur4	18812,6	4250,63	5959,58	8495,93	18706,14	420,8	70,3%	48,4%	32,6%	21,4%	13,1%
HD1	E3_HD1_99	10 of 10	0,1	Heur5	13637,1	5531,75	8073,70	26,34	13631,7917	547,4	80,2%	64,9%	52,4%	41,9%	33,2%
HD1	E3_HD1_100	10 of 10	0,1	Heur6	15104,3	4396,13	6207,08	4396,47	14999,68	426,7	73,7%	55,1%	42,1%	30,4%	18,1%
HD1	E3_HD1_101	10 of 10	0,1	Heur7	22976,8	3018,50	6993,85	12847,90	22860,25	1826,4	14,5%	0,5%	0,0%	0,0%	0,0%
HD1	E3_HD1_102	10 of 10	0,1	Heur8	14636,5	6475,50	8160,98	0,00	14636,48	2461,3	21,1%	0,2%	0,0%	0,0%	0,0%
HD1	E3_HD1_103	10 of 10	0,1	Heur9	97181	5901,00	11073,00	139,40	17113,4	1394,9	52,2%	16,8%	8,9%	6,3%	4,2%
HD1	E3_HD1_104	10 of 10	0,1	Heur10	14518,8	5149,38	7214,70	2045,91	14409,99	446,7	98,6%	96,3%	92,4%	86,9%	80,0%
HD1	E3_HD1_105	10 of 10	0,3	Heur1	5687,71	2691,38	2927,73	51,75	5670,8574	404,2	57,8%	14,0%	3,4%	0,8%	0,2%
HD1	E3_HD1_106	10 of 10	0,3	Heur2	6375,13	3002,75	3346,48	19,09	6368,3206	474,3	58,9%	15,7%	4,0%	0,9%	0,1%
HD1	E3_HD1_107	10 of 10	0,3	Heur3	5714,97	2712,25	2931,00	58,06	5701,3148	399,4	59,3%	16,4%	5,4%	2,0%	0,7%
HD1	E3_HD1_108	10 of 10	0,3	Heur1p	5805,52	3005,13	2699,40	76,46	5780,9855	421,3	56,8%	14,3%	3,3%	0,9%	0,2%
HD1	E3_HD1_109	10 of 10	0,3	Heur2p	6448,64	3219,13	3205,73	16,29	6441,1546	507,5	56,4%	11,7%	2,2%	0,3%	0,0%
HD1	E3_HD1_110	10 of 10	0,3	Heur3p	5791,31	2925,63	2767,60	76,68	5769,9072	428,8	57,6%	14,7%	3,5%	0,8%	0,2%
HD1	E3_HD1_111	10 of 10	0,3	Heur4	5784,65	2637,50	2962,83	157,51	5757,844	398,8	50,4%	9,3%	1,3%	0,2%	0,0%
HD1	E3_HD1_112	10 of 10	0,3	Heur5	6581,33	3077,38	3372,08	109,93	6559,389	327,4	58,4%	27,3%	13,2%	6,7%	3,5%
HD1	E3_HD1_113	10 of 10	0,3	Heur6	5786,7	2676,25	2972,00	114,53	5762,78	327,3	54,8%	21,6%	9,4%	3,7%	1,1%
HD1	E3_HD1_114	10 of 10	0,3	Heur7	6360,19	1749,00	4482,13	105,01	6336,135	602,3	21,1%	0,3%	0,0%	0,0%	0,0%
HD1	E3_HD1_115	10 of 10	0,3	Heur8	8722,45	4416,00	4306,45	0,00	8722,45	856,9	31,4%	2,4%	0,0%	0,0%	0,0%
HD1	E3_HD1_116	10 of 10	0,3	Heur9	8582,85	4324,63	4258,23	0,00	8582,86	365,9	93,0%	77,9%	56,2%	33,4%	14,8%
HD1	E3_HD1_117	10 of 10	0,3	Heur10	6248,62	2623,13	2763,60	824,37	6211,096	220,7	97,8%	93,6%	87,2%	79,5%	70,3%
HD1	E3_HD1_118	10 of 10	0,3	Heur1	8586,59	3644,50	4221,80	659,84	8526,136	486,5	64,3%	27,1%	11,1%	4,5%	1,7%
HD1	E3_HD1_119	10 of 10	0,3	Heur2	9272,03	4170,63	4989,65	90,47	9250,7535	590,2	64,1%	25,9%	9,8%	3,7%	1,2%
HD1	E3_HD1_120	10 of 10	0,3	Heur3	8449,23	3698,88	4261,78	430,95	8391,607	481,2	64,7%	28,3%	12,3%	5,3%	2,1%
HD1	E3_HD1_121	10 of 10	0,3	Heur1p	8787,88	4526,13	3659,53	536,38	8722,038	534,5	62,8%	28,6%	11,6%	4,7%	1,7%
HD1	E3_HD1_122	10 of 10	0,3	Heur2p	9676,36	5193,00	4093,53	332,38	9618,909	625,6	65,1%	29,5%	11,9%	4,7%	1,8%
HD1	E3_HD1_123	10 of 10	0,3	Heur3p	8836,5	4645,50	3620,35	507,09	8772,942	534,3	62,4%	28,5%	11,7%	4,6%	1,6%
HD1	E3_HD1_124	10 of 10	0,3	Heur4	8456,22	3559,13	4365,93	472,70	8397,757	474,3	55,6%	20,7%	7,5%	2,6%	0,7%
HD1	E3_HD1_125	10 of 10	0,3	Heur5	9410,12	4177,00	5091,60	116,85	9385,445	450,2	61,0%	31,4%	17,1%	9,2%	4,6%
HD1	E3_HD1_126	10 of 10	0,3	Heur6	8290,24	3696,75	4390,23	161,34	8248,316	436,2	58,1%	26,6%	13,0%	6,1%	3,1%
HD1	E3_HD1_127	10 of 10	0,3	Heur7	9483,48	2420,75	6006,05	986,82	9413,616	1082,3	17,6%	0,4%	0,0%	0,0%	0,0%
HD1	E3_HD1_128	10 of 10	0,3	Heur8	12228	5897,25	6330,73	0,00	12227,98	1449,4	25,5%	1,0%	0,0%	0,0%	0,0%
HD1	E3_HD1_129	10 of 10	0,3	Heur9	12048,4	5778,25	6270,15	0,00	12048,4	489,9	92,8%	79,0%	58,1%	33,6%	14,7%

HD1	E3_HD1_130	10 of 10	0,3	Heur10	10392,8	3573,63	3954,95	2784,96	10313,54	306,1	96,6%	91,0%	82,7%	72,0%	59,7%
HD1	E3_HD1_131	10 of 10	0,3	Heur1	11892,3	4292,50	5099,28	2390,62	11782,4	492,7	68,9%	38,0%	20,3%	10,5%	5,1%
HD1	E3_HD1_132	10 of 10	0,3	Heur2	11598,1	4983,00	6297,98	272,30	11553,284	611,9	69,5%	37,6%	19,6%	10,1%	5,0%
HD1	E3_HD1_133	10 of 10	0,3	Heur3	11176,5	4389,75	5301,58	1394,20	11085,53	509,2	70,5%	39,8%	22,3%	12,3%	6,2%
HD1	E3_HD1_134	10 of 10	0,3	Heur1p	13182,2	6276,75	3766,53	3029,94	13073,22	577,2	70,6%	41,9%	22,7%	11,4%	4,3%
HD1	E3_HD1_135	10 of 10	0,3	Heur2p	13130,5	6928,25	4143,80	1950,20	13022,25	643,7	71,2%	43,6%	24,7%	13,3%	6,7%
HD1	E3_HD1_136	10 of 10	0,3	Heur3p	14623,8	6360,13	3555,10	4595,20	14510,43	594,3	65,4%	37,9%	19,9%	8,6%	3,0%
HD1	E3_HD1_137	10 of 10	0,3	Heur4	11684,2	4077,63	5379,65	2121,48	11578,76	470	61,3%	32,3%	16,9%	8,3%	3,6%
HD1	E3_HD1_138	10 of 10	0,3	Heur5	11774,3	4995,00	6644,83	109,62	11749,447	504,9	65,5%	40,0%	23,1%	13,3%	7,8%
HD1	E3_HD1_139	10 of 10	0,3	Heur6	10279,8	4386,75	5696,25	157,68	10240,676	501,3	60,2%	30,0%	13,9%	6,6%	2,3%
HD1	E3_HD1_140	10 of 10	0,3	Heur7	13906,8	2919,88	6723,48	4149,33	13792,69	1516,7	16,3%	0,4%	0,0%	0,0%	0,0%
HD1	E3_HD1_141	10 of 10	0,3	Heur8	14347,1	6545,13	7802,00	0,00	14347,13	1970,7	24,3%	0,6%	0,0%	0,0%	0,0%
HD1	E3_HD1_142	10 of 10	0,3	Heur9	14140,1	6398,25	7739,23	1,31	14138,78841	543,2	93,6%	82,5%	63,2%	38,9%	17,5%
HD1	E3_HD1_143	10 of 10	0,3	Heur10	13964,7	4340,00	5101,43	4406,66	13848,09	372,2	96,7%	90,5%	81,9%	71,2%	58,4%
HD1	E3_HD1_144	10 of 10	0,3	Heur1	18938,9	4619,75	5412,68	8746,89	18779,32	451,6	70,2%	44,1%	27,7%	16,1%	8,5%
HD1	E3_HD1_145	10 of 10	0,3	Heur2	13612,6	5564,38	7103,75	849,11	13517,238	547,1	79,5%	58,8%	42,8%	30,4%	21,1%
HD1	E3_HD1_146	10 of 10	0,3	Heur3	15376	4842,00	5770,03	4626,86	15238,89	462	74,3%	51,6%	34,8%	21,9%	12,0%
HD1	E3_HD1_147	10 of 10	0,3	Heur1p	33520,6	6444,88	2551,93	24353,20	33350,01	549,8	54,9%	25,3%	11,7%	5,6%	2,2%
HD1	E3_HD1_148	10 of 10	0,3	Heur2p	28501,1	7120,13	2979,28	18232,70	28332,11	582,4	47,6%	16,2%	6,8%	3,6%	1,9%
HD1	E3_HD1_149	10 of 10	0,3	Heur3p	31962,3	6186,25	2757,73	22849,10	31793,08	542,2	54,7%	23,7%	10,3%	3,9%	1,5%
HD1	E3_HD1_150	10 of 10	0,3	Heur4	18777,7	4251,50	6051,45	8331,13	18634,08	422,7	68,2%	45,5%	31,1%	20,4%	12,1%
HD1	E3_HD1_151	10 of 10	0,3	Heur5	13764,8	5508,63	8136,45	101,08	13746,158	544,4	65,5%	43,0%	28,2%	18,3%	11,5%
HD1	E3_HD1_152	10 of 10	0,3	Heur6	15185,7	4400,25	6316,28	4332,83	15049,36	429,4	69,3%	48,1%	33,8%	22,7%	12,8%
HD1	E3_HD1_153	10 of 10	0,3	Heur7	22347,9	3040,63	7012,55	12133,60	22186,78	1830,2	14,9%	0,5%	0,0%	0,0%	0,0%
HD1	E3_HD1_154	10 of 10	0,3	Heur8	14712,9	6203,00	8507,13	1,81	14711,94027	2424,2	20,4%	0,4%	0,0%	0,0%	0,0%
HD1	E3_HD1_155	10 of 10	0,3	Heur9	14163,1	5901,00	8216,15	29,58	14146,7349	503,4	94,3%	86,0%	73,8%	51,2%	25,9%
HD1	E3_HD1_156	10 of 10	0,3	Heur10	15064	5197,25	6911,35	2813,29	14921,89	450,4	96,9%	91,3%	82,8%	72,5%	60,3%
HD1	E3_HD1_157	10 of 10	0,5	Heur1	5696,29	2687,38	2939,45	50,46	5677,2896	402,9	58,6%	15,6%	4,2%	1,1%	0,2%
HD1	E3_HD1_158	10 of 10	0,5	Heur2	6461,15	3062,75	3371,85	18,15	6452,7516	474,8	59,6%	17,5%	4,7%	1,3%	0,4%
HD1	E3_HD1_159	10 of 10	0,5	Heur3	5761,94	2726,38	2956,50	59,52	5742,3979	408,6	58,5%	15,4%	4,4%	1,4%	0,4%
HD1	E3_HD1_160	10 of 10	0,5	Heur1p	5820,75	2980,63	2755,88	62,24	5798,7508	425	56,7%	15,1%	3,6%	1,1%	0,3%
HD1	E3_HD1_161	10 of 10	0,5	Heur2p	6451,67	3290,63	3123,13	25,38	6439,1354	503,5	59,0%	15,6%	3,4%	0,6%	0,1%
HD1	E3_HD1_162	10 of 10	0,5	Heur3p	5855,52	2958,25	2801,68	70,13	5830,0644	432,5	57,7%	15,1%	3,3%	0,6%	0,1%
HD1	E3_HD1_163	10 of 10	0,5	Heur4	6000,62	2628,00	2972,00	360,79	5960,793	395,3	47,5%	9,2%	2,0%	0,4%	0,0%
HD1	E3_HD1_164	10 of 10	0,5	Heur5	6777,62	3077,38	3390,68	271,31	6739,369	329,9	53,3%	22,9%	10,0%	4,3%	1,9%
HD1	E3_HD1_165	10 of 10	0,5	Heur6	5988,35	2679,00	2990,53	280,16	5949,69	333,5	51,0%	17,5%	6,4%	2,4%	0,7%
HD1	E3_HD1_166	10 of 10	0,5	Heur7	6428,44	1720,00	4563,78	120,06	6403,839	607,3	21,3%	0,5%	0,0%	0,0%	0,0%
HD1	E3_HD1_167	10 of 10	0,5	Heur8	8975,2	4447,38	4527,83	0,00	8975,21	862,9	31,1%	2,4%	0,1%	0,0%	0,0%
HD1	E3_HD1_168	10 of 10	0,5	Heur9	8803,15	4334,38	4468,78	0,00	8803,16	367,7	89,2%	72,2%	50,2%	27,3%	11,3%
HD1	E3_HD1_169	10 of 10	0,5	Heur10	6409,41	2663,00	2770,18	931,70	6364,876	222,5	96,0%	89,3%	80,1%	69,4%	57,2%
HD1	E3_HD1_170	10 of 10	0,5	Heur1	8456,69	3688,63	4283,20	415,69	8387,519	486,3	63,8%	27,4%	11,3%	4,5%	1,9%
HD1	E3_HD1_171	10 of 10	0,5	Heur2	9370,39	4204,25	5000,55	132,62	9337,417	583,9	65,1%	27,8%	10,2%	3,8%	1,3%
HD1	E3_HD1_172	10 of 10	0,5	Heur3	8564,55	3720,00	4313,83	465,51	8499,342	494	63,0%	25,6%	10,5%	4,3%	1,6%
HD1	E3_HD1_173	10 of 10	0,5	Heur1p	8882,84	4550,88	3718,23	537,23	8806,344	538	61,9%	26,7%	10,7%	3,9%	1,3%
HD1	E3_HD1_174	10 of 10	0,5	Heur2p	9768,37	5284,88	4121,25	295,94	9702,069	627,1	64,8%	29,4%	12,0%	4,6%	1,5%
HD1	E3_HD1_175	10 of 10	0,5	Heur3p	8941,01	4655,63	3654,65	562,44	8872,721	545,6	61,7%	27,3%	10,8%	4,1%	1,5%
HD1	E3_HD1_176	10 of 10	0,5	Heur4	8844,13	3572,25	4384,43	808,07	8764,751	472,9	51,2%	17,4%	6,1%	1,9%	0,5%
HD1	E3_HD1_177	10 of 10	0,5	Heur5	9696,79	4178,13	5133,03	327,20	9638,36	463,8	53,9%	23,0%	10,0%	4,2%	1,8%
HD1	E3_HD1_178	10 of 10	0,5	Heur6	8639,38	3694,75	4408,35	464,49	8567,594	431	54,8%	22,5%	10,0%	4,9%	2,3%
HD1	E3_HD1_179	10 of 10	0,5	Heur7	9548,16	2453,88	6043,15	964,88	9461,906	1093,3	17,7%	0,6%	0,0%	0,0%	0,0%
HD1	E3_HD1_180	10 of 10	0,5	Heur8	12581,4	5906,38	6675,00	0,00	12581,38	1460,4	25,8%	1,3%	0,0%	0,0%	0,0%
HD1	E3_HD1_181	10 of 10	0,5	Heur9	12358	5764,00	6594,00	0,00	12358	487,2	88,6%	71,2%	49,0%	26,3%	9,8%
HD1	E3_HD1_182	10 of 10	0,5	Heur10	10522,9	3634,50	3947,93	2842,89	10425,32	310	95,7%	88,5%	78,5%	65,9%	51,8%
HD1	E3_HD1_183	10 of 10	0,5	Heur1	12045,3	4364,88	5185,98	2358,30	11909,16	500,5	68,4%	37,4%	19,8%	9,6%	3,9%
HD1	E3_HD1_184	10 of 10	0,5	Heur2	11825,6	4997,38	6212,25	532,38	11742,01	595,2	70,2%	38,8%	20,7%	10,8%	5,6%
HD1	E3_HD1_185	10 of 10	0,5	Heur3	11595,7	4412,63	5291,23	1760,65	11464,51	503,3	68,4%	37,7%	19,8%	9,9%	4,3%
HD1	E3_HD1_186	10 of 10	0,5	Heur1p	13506,2	6370,63	3730,00	3263,41	13364,04	580,2	69,4%	40,0%	20,7%	9,3%	3,2%
HD1	E3_HD1_187	10 of 10	0,5	Heur2p	12924,6	6909,13	4367,28	1522,19	12798,6	647,6	70,0%	41,1%	22,8%	11,9%	6,2%
HD1	E3_HD1_188	10 of 10	0,5	Heur3p	14486,8	6432,25	3631,15	4280,38	14343,78	591,4	65,5%	37,4%	19,9%	8,5%	2,6%
HD1	E3_HD1_189	10 of 10	0,5	Heur4	12152,2	4080,88	5453,23	2482,62	12016,73	466,5	58,5%	29,6%	14,9%	7,0%	3,3%
HD1	E3_HD1_190	10 of 10	0,5	Heur5	12032	4993,00	6679,25	302,75	11975,002	526,2	55,3%	27,4%	13,2%	6,2%	2,8%
HD1	E3_HD1_191	10 of 10	0,5	Heur6	10625,3	4358,88	5737,13	444,59	10540,597	501,5	54,6%	24,4%	10,8%	4,7%	1,8%
HD1	E3_HD1_192	10 of 10	0,5	Heur7	13791,6	2930,13	6856,50	3857,80	13644,43	1525,8	16,4%	0,5%	0,0%	0,0%	0,0%
HD1	E3_HD1_193	10 of 10	0,5	Heur8	14790,1	6517,38	8272,68	0,00	14790,06	1991,5	23,8%	0,8%	0,0%	0,0%	0,0%
HD1	E3_HD1_194	10 of 10	0,5	Heur9	14436,5	6315,38	8120,83	0,17	14436,38233	535,9	89,6%	73,9%	52,9%	29,9%	11,8%
HD1	E3_HD1_195	10 of 10	0,5	Heur10	14274,7	4368,63	5118,13	4644,39	14131,15	378,8	96,1%	88,6%	78,0%	65,3%	50,8%
HD1	E3_HD1_196	10 of 10	0,5	Heur1	18572,9	4688,13	5514,53	8179,50	18382,16	456,5	70,3%	44,5%	28,0%	16,8%	8,5%
HD1	E3_HD1_197	10 of 10	0,5	Heur2	14232,2	5539,63	7047,15	1488,33	14075,11	531,8	77,5%	55,1%	38,5%	26,0%	17,5%
HD1	E3_HD1_198	10 of 10	0,5	Heur3	16797,6	4804,00	5715,45	6088,53	16607,98	459,7	73,0%	48,8%	31,9%	19,0%	9,8%
HD1	E3_HD1_199	10 of 10	0,5	Heur1p	35137,9	6433,38	2542,43	25939,10	34914,91	557,7	53,3%	22,4%	9,8%	4,4%	1,8%

Efectos de la complejidad y la incertidumbre sobre el ELSF

HD1	E3_HD1_200	10 of 10	0,5	Heur2p	29426,6	6993,38	2947,68	19264,50	29205,56	591	49,6%	18,2%	6,7%	3,1%	1,3%
HD1	E3_HD1_201	10 of 10	0,5	Heur3p	33271,6	6177,00	2735,55	24138,20	33050,75	545,2	53,6%	22,6%	9,1%	3,6%	1,1%
HD1	E3_HD1_202	10 of 10	0,5	Heur4	18228,8	4265,88	6134,05	7639,58	18039,51	417,4	64,2%	40,4%	25,2%	14,9%	8,0%
HD1	E3_HD1_203	10 of 10	0,5	Heur5	13950,1	5476,75	8094,38	316,89	13888,02	531,4	59,3%	35,6%	20,4%	11,8%	6,5%
HD1	E3_HD1_204	10 of 10	0,5	Heur6	15295	4455,63	6430,13	4218,20	15103,96	430,5	63,8%	40,7%	25,5%	15,3%	7,1%
HD1	E3_HD1_205	10 of 10	0,5	Heur7	24225,4	3017,63	6978,30	14013,50	24009,43	1829,8	15,0%	0,5%	0,0%	0,0%	0,0%
HD1	E3_HD1_206	10 of 10	0,5	Heur8	14823,7	5917,75	8823,13	49,77	14790,6519	2402,6	20,5%	0,6%	0,0%	0,0%	0,0%
HD1	E3_HD1_207	10 of 10	0,5	Heur9	14356,7	5665,25	8452,60	186,53	14304,376	481,3	90,0%	76,6%	59,8%	38,4%	18,5%
HD1	E3_HD1_208	10 of 10	0,5	Heur10	15828,7	5221,13	6866,63	3558,15	15645,91	454,4	95,8%	88,1%	77,8%	64,7%	49,9%
HD1	E3_HD1_209	1 of 1	0	LowerBound					5369,905332						
HD1	E3_HD1_210	1 of 1	0,1	LowerBound					5369,905332						
HD1	E3_HD1_211	1 of 1	0,3	LowerBound					5369,905332						
HD1	E3_HD1_212	1 of 1	0,5	LowerBound					5369,905332						
HD1	E3_HD1_213	1 of 1	0	LowerBound					7428,698242						
HD1	E3_HD1_214	1 of 1	0,1	LowerBound					7428,698242						
HD1	E3_HD1_215	1 of 1	0,3	LowerBound					7428,698242						
HD1	E3_HD1_216	1 of 1	0,5	LowerBound					7428,698242						
HD1	E3_HD1_217	1 of 1	0	LowerBound					8890,200665						
HD1	E3_HD1_218	1 of 1	0,1	LowerBound					8890,200665						
HD1	E3_HD1_219	1 of 1	0,3	LowerBound					8890,200665						
HD1	E3_HD1_220	1 of 1	0,5	LowerBound					8890,200665						
HD1	E3_HD1_221	1 of 1	0	LowerBound					10018,49615						
HD1	E3_HD1_222	1 of 1	0,1	LowerBound					10018,49615						
HD1	E3_HD1_223	1 of 1	0,3	LowerBound					10018,49615						
HD1	E3_HD1_224	1 of 1	0,5	LowerBound					10018,49615						
HD2	E3_HD2_1	1 of 1	0	Heur1	4629,62	2200,00	2350,75	61,95	4612,6993	439	0,60364	0,1754	0,041	0,0114	0
HD2	E3_HD2_2	1 of 1	0	Heur2	5660,06	2707,5	2910,25	36,5632	5654,3132	432	57,9%	14,4%	2,1%	0,5%	0,0%
HD2	E3_HD2_3	1 of 1	0	Heur3	4696,23	2267,5	2381,5	41,8155	4690,8155	455	55,8%	10,8%	3,1%	0,7%	0,2%
HD2	E3_HD2_4	1 of 1	0	Heur1p	4552,27	2250	2253,25	36,8046	4540,0546	461	55,1%	12,4%	2,8%	0,4%	0,2%
HD2	E3_HD2_5	1 of 1	0	Heur2p	5602,23	2737,5	2854,25	8,19633	5599,94633	465	54,8%	9,0%	0,9%	0,2%	0,0%
HD2	E3_HD2_6	1 of 1	0	Heur3p	4800,72	2411,25	2310,25	63,562	4785,062	472	55,1%	10,4%	1,5%	0,0%	0,0%
HD2	E3_HD2_7	1 of 1	0	Heur4	4697	2216,25	2358	106,343	4680,593	440	56,4%	13,9%	4,1%	1,4%	0,5%
HD2	E3_HD2_8	1 of 1	0	Heur5	5581,16	2643,75	2933,5	3,53288	5580,78288	318	72,3%	45,6%	33,6%	25,8%	18,6%
HD2	E3_HD2_9	1 of 1	0	Heur6	4612,28	2190	2387,75	27,9624	4605,7124	346	65,6%	34,7%	14,2%	7,2%	4,9%
HD2	E3_HD2_10	1 of 1	0	Heur7	5376,21	1195	4083,75	81,7181	5360,4681	593	21,8%	0,3%	0,0%	0,0%	0,0%
HD2	E3_HD2_11	1 of 1	0	Heur8	7070	3797,5	3272,5	0	7070	912	47,4%	8,7%	0,0%	0,0%	0,0%
HD2	E3_HD2_12	1 of 1	0	Heur9	7064,5	3795	3269,5	0	7064,5	440	100,0%	100,0%	100,0%	73,9%	49,5%
HD2	E3_HD2_13	1 of 1	0	Heur10	4995,88	2097,5	2290,5	589,454	4977,454	245	99,6%	98,0%	95,1%	91,0%	86,1%
HD2	E3_HD2_14	1 of 1	0	Heur1	6965,16	3030	3337,25	562,179	6929,429	551	63,7%	26,0%	10,0%	4,4%	1,8%
HD2	E3_HD2_15	1 of 1	0	Heur2	8023,48	3772,5	4231,75	17,6308	8021,8808	429	72,3%	49,9%	38,9%	31,0%	23,1%
HD2	E3_HD2_16	1 of 1	0	Heur3	6573,82	3066,25	3432,5	68,1759	6566,9259	505	68,5%	37,0%	16,2%	7,1%	1,6%
HD2	E3_HD2_17	1 of 1	0	Heur1p	7506,04	3795	2876	798,413	7469,413	614	61,4%	26,2%	10,6%	3,1%	1,3%
HD2	E3_HD2_18	1 of 1	0	Heur2p	8215,27	4051,25	3870,75	256,636	8178,636	591	58,9%	18,3%	5,4%	2,2%	0,7%
HD2	E3_HD2_19	1 of 1	0	Heur3p	7025,98	3537,5	3105,25	346,599	6989,349	593	61,2%	26,0%	10,3%	3,9%	1,2%
HD2	E3_HD2_20	1 of 1	0	Heur4	6854,26	3016,25	3410	391,374	6817,624	530	63,2%	27,5%	13,4%	6,2%	2,6%
HD2	E3_HD2_21	1 of 1	0	Heur5	8206,88	3772,5	4426	7,46008	8205,96008	405	81,7%	64,7%	47,9%	39,5%	31,4%
HD2	E3_HD2_22	1 of 1	0	Heur6	6685,44	3117,5	3560,75	5,50028	6683,75028	537	63,5%	28,7%	9,3%	2,2%	1,3%
HD2	E3_HD2_23	1 of 1	0	Heur7	7939,53	2041,25	4788,75	1072,9	7902,9	1111	20,5%	0,2%	0,0%	0,0%	0,0%
HD2	E3_HD2_24	1 of 1	0	Heur8	9907,75	5140	4767,75	0	9907,75	1507	38,2%	3,4%	0,0%	0,0%	0,0%
HD2	E3_HD2_25	1 of 1	0	Heur9	9884,25	5125	4759,25	0	9884,25	589	100,0%	100,0%	100,0%	73,7%	52,6%
HD2	E3_HD2_26	1 of 1	0	Heur10	8083,86	2957,5	3190,75	1899	8047,25	340	98,5%	95,9%	92,4%	87,9%	81,8%
HD2	E3_HD2_27	1 of 1	0	Heur1	9353,61	3600	4071,25	1627,3	9298,55	557	72,9%	44,2%	26,2%	15,8%	9,2%
HD2	E3_HD2_28	1 of 1	0	Heur2	9751,29	4493,75	5129,5	106,129	9729,379	553	70,2%	40,9%	26,6%	18,3%	11,4%
HD2	E3_HD2_29	1 of 1	0	Heur3	8533,05	3675	4161,5	641,485	8477,985	571	70,8%	41,2%	21,4%	14,7%	11,6%
HD2	E3_HD2_30	1 of 1	0	Heur1p	12471,5	4650	2888,5	4877,96	12416,46	637	64,8%	38,0%	19,0%	9,1%	3,9%
HD2	E3_HD2_31	1 of 1	0	Heur2p	12163,2	5867,5	3069,75	3170,85	12108,1	655	64,3%	38,9%	21,1%	9,2%	4,1%
HD2	E3_HD2_32	1 of 1	0	Heur3p	12353,6	4846,25	2951,5	4500,81	12298,56	633	62,2%	35,7%	24,0%	14,1%	7,0%
HD2	E3_HD2_33	1 of 1	0	Heur4	9496,94	3475	4217,5	1749,38	9441,88	530	69,1%	41,7%	26,0%	16,0%	9,6%
HD2	E3_HD2_34	1 of 1	0	Heur5	10219,6	4552,5	5658	8,31065	10218,81065	527	75,1%	51,8%	29,4%	7,4%	0,4%
HD2	E3_HD2_35	1 of 1	0	Heur6	8605,3	3633,75	4409	511,783	8554,533	531	72,3%	47,5%	33,3%	23,9%	16,4%
HD2	E3_HD2_36	1 of 1	0	Heur7	12064,5	2477,5	5384,25	4147,73	12009,48	1532	17,4%	0,3%	0,0%	0,0%	0,0%
HD2	E3_HD2_37	1 of 1	0	Heur8	11649,8	5766,25	5883,5	0	11649,75	1975	32,2%	4,3%	0,0%	0,0%	0,0%
HD2	E3_HD2_38	1 of 1	0	Heur9	11418	5728,75	5683,5	3,59838	11415,84838	659	99,8%	99,5%	98,9%	79,8%	51,0%
HD2	E3_HD2_39	1 of 1	0	Heur10	11020,4	3563,75	3990,25	3411,29	10965,29	408	98,5%	95,8%	91,2%	84,6%	75,2%
HD2	E3_HD2_40	1 of 1	0	Heur1	15420,3	3913,75	4329,5	7103,66	15346,91	521	74,7%	53,0%	35,7%	23,8%	15,5%
HD2	E3_HD2_41	1 of 1	0	Heur2	11376,9	5060	5636	625,946	11321,946	507	81,1%	67,3%	55,8%	46,2%	37,3%
HD2	E3_HD2_42	1 of 1	0	Heur3	13267,9	4047,5	4444,5	4702,49	13194,49	524	75,6%	55,3%	41,4%	31,3%	22,7%
HD2	E3_HD2_43	1 of 1	0	Heur1p	30674,2	4701,25	2034,5	23865,1	30600,85	590	55,1%	26,1%	10,5%	3,7%	1,5%
HD2	E3_HD2_44	1 of 1	0	Heur2p	24031,9	5390	2592,5	15976	23958,5	590	47,1%	20,0%	5,6%	1,0%	0,8%
HD2	E3_HD2_45	1 of 1	0	Heur3p	33438,9	5040	1769,75	26555,8	33365,55	654	46,6%	15,3%	5,0%	1,8%	0,3%

HD2	E3_HD2_46	1 of 1	0	Heur4	13664,9	3627,5	4780,5	5183,46	13591,46	481	71,7%	50,9%	37,0%	26,2%	18,5%
HD2	E3_HD2_47	1 of 1	0	Heur5	11873,1	5010	6823,5	36,5657	11870,0657	496	88,7%	78,8%	69,4%	60,1%	51,4%
HD2	E3_HD2_48	1 of 1	0	Heur6	14520,7	3642,5	4857,75	5947,01	14447,26	479	68,5%	45,3%	30,9%	20,3%	12,3%
HD2	E3_HD2_49	1 of 1	0	Heur7	19577,7	2845	5185,75	11473,5	19504,25	1838	16,5%	0,4%	0,1%	0,0%	0,0%
HD2	E3_HD2_50	1 of 1	0	Heur8	11547,7	5168,75	6073,5	256,305	11498,555	2449	23,4%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
HD2	E3_HD2_51	1 of 1	0	Heur9	442217	0	388117	54043,8	442160,8	489	87,3%	73,0%	59,3%	44,2%	28,6%
HD2	E3_HD2_52	1 of 1	0	Heur10	11776,9	4325	5382,25	1996,25	11703,5	499	99,4%	98,6%	97,2%	94,5%	91,3%
HD2	E3_HD2_53	10 of 10	0,1	Heur1	4645,61	2202,5	2332,6	93,6131	4628,7131	439,8	58,5%	15,3%	4,0%	0,8%	0,1%
HD2	E3_HD2_54	10 of 10	0,1	Heur2	5735,41	2772,88	2953,85	5,94861	5732,67861	440,6	56,2%	11,6%	2,7%	0,6%	0,1%
HD2	E3_HD2_55	10 of 10	0,1	Heur3	4643,2	2190	2403,83	39,5426	4633,3726	437	58,1%	15,2%	3,8%	0,9%	0,2%
HD2	E3_HD2_56	10 of 10	0,1	Heur1p	4707,4	2399,63	2196,48	92,4999	4688,6099	457,7	56,0%	14,7%	3,2%	0,7%	0,1%
HD2	E3_HD2_57	10 of 10	0,1	Heur2p	5712,08	2828	2877,43	4,30134	5709,73134	474	52,6%	5,3%	0,4%	0,0%	0,0%
HD2	E3_HD2_58	10 of 10	0,1	Heur3p	4626,71	2246,88	2345,48	25,5004	4617,8604	463,3	55,4%	11,1%	1,9%	0,4%	0,0%
HD2	E3_HD2_59	10 of 10	0,1	Heur4	4684,41	2215,88	2366,73	84,2836	4666,8936	435	55,5%	14,1%	4,2%	1,6%	0,6%
HD2	E3_HD2_60	10 of 10	0,1	Heur5	5616,1	2643,75	2957,4	11,0496	5612,1996	318	69,0%	40,6%	28,5%	18,7%	12,2%
HD2	E3_HD2_61	10 of 10	0,1	Heur6	4634,65	2190	2403,18	33,3955	4626,5755	362,3	62,8%	29,5%	13,2%	6,5%	3,3%
HD2	E3_HD2_62	10 of 10	0,1	Heur7	5544,42	1214,75	4231,3	81,1177	5527,1677	599	21,9%	0,1%	0,0%	0,0%	0,0%
HD2	E3_HD2_63	10 of 10	0,1	Heur8	7157,28	3790,75	3366,53	0	7157,28	744,3	56,0%	18,1%	5,8%	2,0%	0,6%
HD2	E3_HD2_64	10 of 10	0,1	Heur9	7118,8	3769,25	3349,55	0	7118,8	435,1	97,4%	94,0%	89,6%	68,2%	38,2%
HD2	E3_HD2_65	10 of 10	0,1	Heur10	4980,09	2118,13	2267,4	572,657	4958,187	244,9	98,7%	95,8%	91,5%	86,2%	79,9%
HD2	E3_HD2_66	10 of 10	0,1	Heur1	6884,11	3042,75	3374,93	426,481	6844,161	558,7	62,9%	24,5%	9,5%	3,6%	1,1%
HD2	E3_HD2_67	10 of 10	0,1	Heur2	8125,18	3764,63	4329,88	23,1029	8117,6129	534	62,6%	24,8%	11,9%	5,7%	2,9%
HD2	E3_HD2_68	10 of 10	0,1	Heur3	6649,07	3085,38	3487,8	58,3795	6631,5595	581,6	60,6%	20,0%	6,3%	2,3%	0,7%
HD2	E3_HD2_69	10 of 10	0,1	Heur1p	7327,77	3789,75	2908,28	588,499	7286,529	610,7	59,7%	25,2%	9,8%	3,7%	1,2%
HD2	E3_HD2_70	10 of 10	0,1	Heur2p	8195,87	4111,25	3828,48	221,207	8160,937	584,3	61,1%	23,0%	8,8%	3,5%	1,2%
HD2	E3_HD2_71	10 of 10	0,1	Heur3p	7156,45	3623,88	3020,3	471,063	7115,243	596,9	59,3%	24,8%	9,7%	3,9%	1,3%
HD2	E3_HD2_72	10 of 10	0,1	Heur4	6921,38	2983,5	3429,25	467,891	6880,641	522,2	61,3%	26,3%	11,7%	4,8%	2,0%
HD2	E3_HD2_73	10 of 10	0,1	Heur5	8225,64	3767,5	4444,58	10,8131	8222,8931	477,3	64,3%	32,7%	14,8%	6,5%	3,0%
HD2	E3_HD2_74	10 of 10	0,1	Heur6	6711,89	3117,5	3577,83	11,7286	6707,0586	520,1	63,6%	29,4%	11,6%	4,1%	1,3%
HD2	E3_HD2_75	10 of 10	0,1	Heur7	7903,62	2056,25	4785,23	1018,83	7860,31	1110,2	20,2%	0,4%	0,0%	0,0%	0,0%
HD2	E3_HD2_76	10 of 10	0,1	Heur8	10008,1	5104,13	4903,93	0	10008,06	969,6	58,3%	23,6%	11,3%	6,0%	3,1%
HD2	E3_HD2_77	10 of 10	0,1	Heur9	9939,05	5053,88	4885,18	0	9939,06	588,4	98,0%	95,0%	91,8%	71,4%	40,5%
HD2	E3_HD2_78	10 of 10	0,1	Heur10	8128,06	2963,5	3224,85	1895,02	8083,37	340,6	98,2%	94,0%	87,7%	79,7%	70,4%
HD2	E3_HD2_79	10 of 10	0,1	Heur1	9333,99	3612,13	4070,05	1588,9	9271,08	560,9	70,7%	41,2%	23,7%	13,0%	7,0%
HD2	E3_HD2_80	10 of 10	0,1	Heur2	10125,6	4523,38	5526,35	60,5594	10110,2894	580,4	68,1%	35,8%	18,4%	9,6%	5,3%
HD2	E3_HD2_81	10 of 10	0,1	Heur3	8511,49	3672,63	4263,18	519,838	8455,648	579,2	70,6%	40,4%	23,4%	14,5%	9,4%
HD2	E3_HD2_82	10 of 10	0,1	Heur1p	12563,9	4682	2861,73	4952,14	12495,87	623	64,7%	37,3%	19,1%	9,4%	4,5%
HD2	E3_HD2_83	10 of 10	0,1	Heur2p	11824,6	6108,13	3053,68	2595,79	11757,6	652,2	65,3%	40,6%	22,8%	12,1%	6,4%
HD2	E3_HD2_84	10 of 10	0,1	Heur3p	12166,3	4984,75	2860,48	4253,28	12098,51	640,4	63,4%	36,1%	20,9%	11,7%	5,5%
HD2	E3_HD2_85	10 of 10	0,1	Heur4	9244,66	3441	4266,75	1472,81	9180,56	530	68,1%	40,1%	23,5%	13,2%	7,1%
HD2	E3_HD2_86	10 of 10	0,1	Heur5	10275,4	4552,5	5703,18	16,8392	10272,5192	525,6	72,0%	47,1%	28,2%	13,5%	4,4%
HD2	E3_HD2_87	10 of 10	0,1	Heur6	8668,97	3613,63	4414,15	582,862	8610,642	527,3	71,0%	45,1%	29,5%	19,3%	12,3%
HD2	E3_HD2_88	10 of 10	0,1	Heur7	12188,9	2452,63	5420,95	4248,2	12121,78	1518,6	17,6%	0,3%	0,0%	0,0%	0,0%
HD2	E3_HD2_89	10 of 10	0,1	Heur8	11757,1	5711,25	6045,8	0	11757,05	1041	59,8%	28,8%	19,7%	14,4%	9,2%
HD2	E3_HD2_90	10 of 10	0,1	Heur9	11550,4	5597,75	5944,35	5,19432	11547,29432	646,9	98,3%	95,6%	92,4%	72,3%	42,8%
HD2	E3_HD2_91	10 of 10	0,1	Heur10	10926,9	3616	4063,35	3180,94	10860,29	413,4	98,1%	93,9%	87,7%	79,5%	69,0%
HD2	E3_HD2_92	10 of 10	0,1	Heur1	14900,8	3859,25	4329,73	6620,73	14809,71	521,3	72,5%	49,0%	33,3%	22,1%	13,7%
HD2	E3_HD2_93	10 of 10	0,1	Heur2	11618,8	5049,38	6374,1	168,523	11592,003	531,2	81,1%	62,3%	47,6%	36,1%	27,0%
HD2	E3_HD2_94	10 of 10	0,1	Heur3	13837,9	4025,63	4452,78	5269,24	13747,65	514,1	76,3%	55,6%	40,9%	30,0%	20,1%
HD2	E3_HD2_95	10 of 10	0,1	Heur1p	30797,9	4724,5	2036,7	23941,9	30703,1	620,6	51,1%	21,5%	8,6%	3,2%	1,0%
HD2	E3_HD2_96	10 of 10	0,1	Heur2p	24644,1	5537	2580,7	16433,2	24550,9	583,4	42,9%	13,1%	4,6%	2,1%	0,8%
HD2	E3_HD2_97	10 of 10	0,1	Heur3p	33283	5095,13	1773,88	26318,9	33187,91	639,7	48,1%	16,6%	5,9%	2,2%	0,5%
HD2	E3_HD2_98	10 of 10	0,1	Heur4	14721	3606,38	4763,9	6260,48	14630,76	483,3	69,0%	46,0%	31,0%	20,3%	13,5%
HD2	E3_HD2_99	10 of 10	0,1	Heur5	11884	5009,88	6831,03	38,507	11879,417	500,9	84,5%	71,3%	59,3%	48,8%	39,5%
HD2	E3_HD2_100	10 of 10	0,1	Heur6	13791,3	3662,63	4874,25	5163,97	13700,85	480,6	72,8%	51,1%	37,5%	27,0%	18,5%
HD2	E3_HD2_101	10 of 10	0,1	Heur7	20040,5	2772,5	5202,9	11972,6	19948	1826,6	16,9%	0,7%	0,0%	0,0%	0,0%
HD2	E3_HD2_102	10 of 10	0,1	Heur8	11687,1	5229,75	6341,03	85,8147	11656,5947	820,3	69,5%	55,0%	49,4%	42,6%	29,4%
HD2	E3_HD2_103	10 of 10	0,1	Heur9	17845	7214,88	4376,88	6175,14	17766,9	808	91,7%	82,0%	72,8%	61,5%	44,6%
HD2	E3_HD2_104	10 of 10	0,1	Heur10	11857,6	4305,75	5497,13	1969,09	11771,97	495,2	98,6%	95,6%	91,3%	85,1%	77,7%
HD2	E3_HD2_105	10 of 10	0,3	Heur1	4629,04	2194	2363,15	53,235	4610,385	446,8	57,9%	14,5%	3,5%	0,7%	0,1%
HD2	E3_HD2_106	10 of 10	0,3	Heur2	5739,45	2768,75	2951,1	13,3838	5733,2338	429,5	58,0%	14,7%	4,1%	1,1%	0,3%
HD2	E3_HD2_107	10 of 10	0,3	Heur3	4664,09	2193,5	2426,08	32,2453	4651,8253	442,3	58,1%	14,7%	3,5%	0,7%	0,2%
HD2	E3_HD2_108	10 of 10	0,3	Heur1p	4666,97	2334,38	2256,33	58,5645	4649,2745	461,8	55,9%	13,4%	3,3%	0,6%	0,1%
HD2	E3_HD2_109	10 of 10	0,3	Heur2p	5685,69	2847,25	2819,05	13,1067	5679,4067	459,1	55,7%	11,3%	1,7%	0,2%	0,0%
HD2	E3_HD2_110	10 of 10	0,3	Heur3p	4682,59	2303,13	2321,55	43,286	4667,966	462,3	55,3%	12,4%	2,3%	0,4%	0,1%
HD2	E3_HD2_111	10 of 10	0,3	Heur4	4794,2	2215,25	2394,83	158,835	4769,915	436,9	51,2%	11,1%	2,5%	0,8%	0,3%
HD2	E3_HD2_112	10 of 10	0,3	Heur5	5713,43	2643,75	2987,75	66,3109	5697,8109	319	56,6%	23,0%	11,2%	5,3%	2,5%
HD2	E3_HD2_113	10 of 10	0,3	Heur6	4762,91	2190	2430,95	119,004	4739,954	348,3	55,6%	23,3%	8,8%	3,0%	0,9%
HD2	E3_HD2_114	10 of 10	0,3	Heur7	5597,08	1249,38	4226,28	100,406	5576,066	602,3	22,1%	0,2%	0,0%	0,0%	0,0%
HD2	E3_HD2_115	10 of 10	0,3	Heur8	7299,03	3765,63	3533,4	0	7299,03	743,3	55,8%	17,8%	5,7%	2,0%	0,6%

HD2	E3_HD2_116	10 of 10	0,3	Heur9	7262,33	3743,25	3519,08	0	7262,33	433,6	93,6%	84,7%	74,9%	53,4%	27,3%
HD2	E3_HD2_117	10 of 10	0,3	Heur10	5041,94	2152	2265,38	595,127	5012,507	245,5	97,9%	93,6%	87,5%	79,4%	69,9%
HD2	E3_HD2_118	10 of 10	0,3	Heur1	6910,08	3046,88	3424,13	391,035	6862,045	552,1	63,2%	25,9%	10,3%	3,7%	1,0%
HD2	E3_HD2_119	10 of 10	0,3	Heur2	8167,08	3749,13	4351,13	52,1	8152,36	525	64,5%	27,1%	11,0%	4,5%	1,8%
HD2	E3_HD2_120	10 of 10	0,3	Heur3	6830,57	3065	3488,85	234,074	6787,924	549,9	63,2%	25,5%	9,9%	3,6%	1,3%
HD2	E3_HD2_121	10 of 10	0,3	Heur1p	7344,57	3803,75	2958,35	531,134	7293,234	609,3	60,3%	25,4%	10,0%	3,4%	1,2%
HD2	E3_HD2_122	10 of 10	0,3	Heur2p	8219,51	4228,5	3697,25	249,748	8175,498	566,5	63,1%	28,1%	11,8%	4,9%	1,7%
HD2	E3_HD2_123	10 of 10	0,3	Heur3p	7202	3645,25	3036,58	468,208	7150,038	595,2	58,4%	24,0%	8,7%	3,2%	1,0%
HD2	E3_HD2_124	10 of 10	0,3	Heur4	7081,23	2980,75	3482,23	567,124	7030,104	517,9	57,6%	22,9%	9,1%	3,4%	1,2%
HD2	E3_HD2_125	10 of 10	0,3	Heur5	8331,09	3764,38	4494,3	53,6604	8312,3404	538,4	49,5%	14,6%	4,6%	1,6%	0,6%
HD2	E3_HD2_126	10 of 10	0,3	Heur6	6889,81	3120,25	3630,78	108,983	6860,013	546,7	53,7%	18,2%	5,6%	1,7%	0,3%
HD2	E3_HD2_127	10 of 10	0,3	Heur7	7738,09	2035,63	4944,48	703,701	7683,811	1112,5	19,9%	0,3%	0,0%	0,0%	0,0%
HD2	E3_HD2_128	10 of 10	0,3	Heur8	10217,7	5037,25	5180,4	0	10217,65	949,8	58,4%	24,3%	10,6%	4,9%	1,9%
HD2	E3_HD2_129	10 of 10	0,3	Heur9	10156,1	4998,25	5157,85	0	10156,1	583,2	93,2%	83,9%	73,4%	51,0%	25,5%
HD2	E3_HD2_130	10 of 10	0,3	Heur10	8218,64	2993,13	3207,95	1956,71	8157,79	340,8	97,3%	92,3%	84,7%	75,6%	64,8%
HD2	E3_HD2_131	10 of 10	0,3	Heur1	9398,67	3608,25	4138,55	1566,78	9313,58	565,8	70,0%	40,3%	22,8%	12,3%	5,9%
HD2	E3_HD2_132	10 of 10	0,3	Heur2	10220,1	4456,25	5516	211,502	10183,752	550,4	70,3%	39,9%	21,7%	11,6%	5,7%
HD2	E3_HD2_133	10 of 10	0,3	Heur3	8891,82	3656,88	4288,55	874,861	8820,291	573,3	69,4%	38,2%	20,6%	11,4%	5,9%
HD2	E3_HD2_134	10 of 10	0,3	Heur1p	12362,3	4766,38	2873,73	4624,96	12265,07	626,8	63,2%	34,7%	17,4%	7,8%	3,2%
HD2	E3_HD2_135	10 of 10	0,3	Heur2p	11953,2	6076,88	3036,35	2746,39	11859,62	660,6	64,5%	39,0%	20,6%	10,0%	4,9%
HD2	E3_HD2_136	10 of 10	0,3	Heur3p	11844,3	5061,25	2901,95	3786,69	11749,89	644,3	63,1%	34,3%	18,7%	10,3%	4,3%
HD2	E3_HD2_137	10 of 10	0,3	Heur4	9359,11	3440,25	4334,3	1499,55	9274,1	528,6	63,1%	34,6%	19,3%	10,6%	5,4%
HD2	E3_HD2_138	10 of 10	0,3	Heur5	10424,1	4544,5	5800,63	63,5383	10408,6683	559,7	58,1%	27,7%	11,7%	4,8%	1,9%
HD2	E3_HD2_139	10 of 10	0,3	Heur6	8757,43	3597,38	4495,25	592,512	8685,142	535,2	63,5%	34,2%	18,1%	9,3%	4,6%
HD2	E3_HD2_140	10 of 10	0,3	Heur7	12127,5	2453	5441,63	4138,45	12033,08	1519,6	17,9%	0,5%	0,0%	0,0%	0,0%
HD2	E3_HD2_141	10 of 10	0,3	Heur8	12018,6	5629,13	6389,43	0,0155	12018,5755	994,6	60,8%	31,4%	19,5%	12,5%	6,9%
HD2	E3_HD2_142	10 of 10	0,3	Heur9	11906,5	5562	6342,4	1,07357	11905,47357	644,9	92,7%	82,5%	71,9%	50,9%	25,7%
HD2	E3_HD2_143	10 of 10	0,3	Heur10	11340,6	3667,75	4034,38	3545,21	11247,34	417,1	97,1%	91,3%	82,6%	71,9%	59,0%
HD2	E3_HD2_144	10 of 10	0,3	Heur1	14518,7	3908,88	4448,23	6034,94	14392,05	522,1	72,4%	47,7%	31,3%	19,7%	11,8%
HD2	E3_HD2_145	10 of 10	0,3	Heur2	11947,2	4971,63	6194,88	701,501	11868,011	501,6	81,2%	62,8%	46,9%	34,6%	25,1%
HD2	E3_HD2_146	10 of 10	0,3	Heur3	14061,2	4014	4502,43	5421,29	13937,72	514,9	73,8%	50,5%	34,6%	23,2%	14,6%
HD2	E3_HD2_147	10 of 10	0,3	Heur1p	31458,6	4671,75	2037,3	24612	31321,05	617,9	50,5%	19,5%	7,5%	2,5%	0,7%
HD2	E3_HD2_148	10 of 10	0,3	Heur2p	24483,9	5517,5	2592,23	16241,1	24350,83	586	43,0%	13,5%	5,2%	2,2%	1,0%
HD2	E3_HD2_149	10 of 10	0,3	Heur3p	33773,1	5064,5	1783,25	26787,1	33634,85	654,6	47,9%	16,9%	6,0%	2,0%	0,4%
HD2	E3_HD2_150	10 of 10	0,3	Heur4	14775	3618,25	4857,73	6171,79	14647,77	489,5	67,2%	42,8%	27,5%	16,8%	9,8%
HD2	E3_HD2_151	10 of 10	0,3	Heur5	12036,7	4999,13	6913,13	103,123	12015,383	511,8	69,2%	47,5%	32,3%	21,6%	14,3%
HD2	E3_HD2_152	10 of 10	0,3	Heur6	14395,5	3669,38	4947,3	5654,2	14270,88	478,2	68,0%	44,9%	30,4%	20,7%	13,6%
HD2	E3_HD2_153	10 of 10	0,3	Heur7	20029,2	2801,38	5241,85	11853,1	19896,33	1835,5	17,5%	0,8%	0,0%	0,0%	0,0%
HD2	E3_HD2_154	10 of 10	0,3	Heur8	12132,5	5203	6811,53	89,8398	12104,3698	816,2	66,6%	49,1%	40,5%	30,9%	18,2%
HD2	E3_HD2_155	10 of 10	0,3	Heur9	11584,1	4927,5	6294,5	288,276	11510,276	562,1	93,7%	84,7%	75,2%	61,2%	38,6%
HD2	E3_HD2_156	10 of 10	0,3	Heur10	12006,2	4395,38	5409,83	2086,09	11891,3	500,7	97,3%	91,3%	82,5%	71,2%	58,2%
HD2	E3_HD2_157	10 of 10	0,5	Heur1	4655,11	2213,38	2395,75	31,7781	4640,9081	448,8	58,5%	16,0%	4,0%	1,0%	0,2%
HD2	E3_HD2_158	10 of 10	0,5	Heur2	5753,86	2760,5	2961,65	22,0299	5744,1799	431	58,4%	15,4%	4,2%	1,2%	0,4%
HD2	E3_HD2_159	10 of 10	0,5	Heur3	4686,49	2203,25	2433,6	36,2817	4673,1317	448,5	57,9%	14,6%	3,5%	0,8%	0,2%
HD2	E3_HD2_160	10 of 10	0,5	Heur1p	4728,72	2392,88	2269,48	47,9278	4710,2878	466,9	56,0%	13,6%	3,1%	0,6%	0,1%
HD2	E3_HD2_161	10 of 10	0,5	Heur2p	5731,33	2928,88	2765,28	24,042	5718,202	455,7	57,1%	14,1%	3,3%	0,8%	0,1%
HD2	E3_HD2_162	10 of 10	0,5	Heur3p	4740,42	2357,25	2335,83	32,6907	4725,7707	467,4	55,8%	14,1%	2,7%	0,4%	0,1%
HD2	E3_HD2_163	10 of 10	0,5	Heur4	4972,4	2211,88	2406,7	320,554	4939,134	434,6	48,2%	11,0%	2,6%	0,6%	0,2%
HD2	E3_HD2_164	10 of 10	0,5	Heur5	5877,06	2659,25	2995,7	194,122	5849,072	321,6	52,6%	18,3%	7,5%	3,3%	1,6%
HD2	E3_HD2_165	10 of 10	0,5	Heur6	4940,32	2190	2446,48	272,57	4909,05	353,1	49,2%	18,2%	6,3%	2,1%	0,5%
HD2	E3_HD2_166	10 of 10	0,5	Heur7	5546,55	1244	4195,9	84,2609	5524,1609	603	22,6%	0,3%	0,0%	0,0%	0,0%
HD2	E3_HD2_167	10 of 10	0,5	Heur8	7494,88	3781,75	3713,13	0	7494,88	749,5	55,9%	17,9%	5,4%	1,4%	0,3%
HD2	E3_HD2_168	10 of 10	0,5	Heur9	7448,53	3750,5	3698,03	0	7448,53	436,1	90,6%	77,4%	64,1%	42,5%	18,6%
HD2	E3_HD2_169	10 of 10	0,5	Heur10	5119,83	2169,5	2268,9	646,319	5084,719	247,8	96,8%	90,8%	81,8%	71,1%	58,6%
HD2	E3_HD2_170	10 of 10	0,5	Heur1	6859,83	3075,38	3469,68	262,967	6808,027	555,2	63,3%	26,5%	10,6%	4,0%	1,3%
HD2	E3_HD2_171	10 of 10	0,5	Heur2	8259,49	3770,25	4365,6	94,6361	8230,4861	522	64,8%	27,8%	10,9%	3,8%	1,2%
HD2	E3_HD2_172	10 of 10	0,5	Heur3	6990,15	3119,88	3497,4	318,678	6935,958	546,7	63,1%	25,8%	10,2%	3,5%	1,0%
HD2	E3_HD2_173	10 of 10	0,5	Heur1p	7471,99	3876,75	2972	559,722	7408,472	614,2	59,7%	24,6%	9,5%	3,6%	1,2%
HD2	E3_HD2_174	10 of 10	0,5	Heur2p	8328,3	4287,25	3666,9	316,438	8270,588	570,4	62,0%	27,3%	10,7%	4,1%	1,2%
HD2	E3_HD2_175	10 of 10	0,5	Heur3p	7255,6	3666	3077,8	450,188	7193,988	598,7	58,7%	23,5%	8,9%	3,1%	0,9%
HD2	E3_HD2_176	10 of 10	0,5	Heur4	7433,17	2989,25	3523,3	851,839	7367,389	523,9	52,5%	18,6%	6,5%	2,0%	0,5%
HD2	E3_HD2_177	10 of 10	0,5	Heur5	8536,11	3762,38	4519,05	208,461	8489,891	557,3	43,5%	10,7%	3,5%	1,1%	0,4%
HD2	E3_HD2_178	10 of 10	0,5	Heur6	7134,49	3120,5	3660,08	301,038	7081,618	560,3	48,0%	14,6%	4,0%	1,1%	0,3%
HD2	E3_HD2_179	10 of 10	0,5	Heur7	7884,69	1999,5	5003,28	811,355	7814,135	1113,5	20,1%	0,4%	0,0%	0,0%	0,0%
HD2	E3_HD2_180	10 of 10	0,5	Heur8	10475,5	5019,88	5455,65	0	10475,53	940,7	58,2%	24,0%	10,2%	4,6%	1,7%
HD2	E3_HD2_181	10 of 10	0,5	Heur9	10428,4	4992,75	5435,68	0	10428,43	583,5	88,8%	74,5%	59,7%	39,1%	17,5%
HD2	E3_HD2_182	10 of 10	0,5	Heur10	8353,68	2979,75	3249,03	2049,29	8278,07	342,2	95,8%	88,3%	78,1%	66,2%	52,5%
HD2	E3_HD2_183	10 of 10	0,5	Heur1	9306,85	3639,25	4204,4	1359,99	9203,64	568,5	69,1%	38,6%	21,1%	11,0%	5,0%
HD2	E3_HD2_184	10 of 10	0,5	Heur2	10434,9	4488,88	5455,28	421,849	10366,009	547,2	69,4%	39,0%	20,9%	10,7%	4,9%
HD2	E3_HD2_185	10 of 10	0,5	Heur3	9333,52	3679,38	4289,43	1261,49	9230,3	566,7	69,5%	38,8%	21,0%	11,3%	5,8%



HD2	E3_HD2_186	10 of 10	0,5	Heur1p	12748,2	4761,75	2862,13	5004,95	12628,83	631,7	61,2%	31,8%	14,2%	6,3%	2,3%
HD2	E3_HD2_187	10 of 10	0,5	Heur2p	12273,6	6116	2988,85	3054,59	12159,44	662,3	63,0%	36,0%	18,2%	8,0%	3,7%
HD2	E3_HD2_188	10 of 10	0,5	Heur3p	12211,9	5101,13	2875,03	4117,95	12094,11	651,1	61,3%	32,6%	17,3%	8,5%	3,2%
HD2	E3_HD2_189	10 of 10	0,5	Heur4	9905,59	3448,63	4352,2	1990,28	9794,11	529	57,8%	28,8%	14,4%	6,8%	2,7%
HD2	E3_HD2_190	10 of 10	0,5	Heur5	10651,8	4549,5	5830	223,713	10603,213	576,5	49,5%	18,8%	7,0%	2,4%	1,0%
HD2	E3_HD2_191	10 of 10	0,5	Heur6	9121	3609,38	4551,63	864,285	9025,295	529,9	59,3%	30,7%	15,4%	7,5%	3,4%
HD2	E3_HD2_192	10 of 10	0,5	Heur7	11834,3	2502	5490,68	3722,5	11715,18	1535,5	18,2%	0,5%	0,0%	0,0%	0,0%
HD2	E3_HD2_193	10 of 10	0,5	Heur8	12405,8	5633,38	6772,45	0	12405,83	982,9	60,5%	30,7%	17,2%	9,6%	4,4%
HD2	E3_HD2_194	10 of 10	0,5	Heur9	12236,1	5536,25	6699,85	0	12236,1	643,9	88,3%	73,8%	60,5%	41,1%	18,6%
HD2	E3_HD2_195	10 of 10	0,5	Heur10	11421,2	3716,38	4053,43	3535,08	11304,89	420,6	96,1%	88,3%	77,9%	65,3%	50,9%
HD2	E3_HD2_196	10 of 10	0,5	Heur1	15529,8	3891,13	4394,85	7081,25	15367,23	519,5	71,3%	46,5%	29,6%	18,2%	10,2%
HD2	E3_HD2_197	10 of 10	0,5	Heur2	12445,1	4977,38	6046,25	1298,6	12322,23	493	79,7%	58,7%	42,4%	29,8%	20,1%
HD2	E3_HD2_198	10 of 10	0,5	Heur3	14154,1	4025,88	4609,7	5355,65	13991,23	519,1	73,0%	47,7%	31,5%	19,5%	11,2%
HD2	E3_HD2_199	10 of 10	0,5	Heur1p	32563,6	4669,88	2024,7	25691,5	32386,08	620	49,4%	18,7%	6,9%	2,4%	0,5%
HD2	E3_HD2_200	10 of 10	0,5	Heur2p	25039,7	5470,25	2587,1	16809	24866,35	593,6	43,2%	13,4%	4,5%	1,7%	0,7%
HD2	E3_HD2_201	10 of 10	0,5	Heur3p	34940,7	5048,5	1778,25	27933,6	34760,35	660,5	49,5%	17,8%	6,2%	2,3%	0,5%
HD2	E3_HD2_202	10 of 10	0,5	Heur4	15337,3	3582,63	4854,3	6739,16	15176,09	483,5	62,5%	36,9%	21,7%	12,7%	6,6%
HD2	E3_HD2_203	10 of 10	0,5	Heur5	12312,3	4998,25	6937,8	321,863	12257,913	500,7	62,4%	38,4%	22,8%	13,5%	8,1%
HD2	E3_HD2_204	10 of 10	0,5	Heur6	15188,2	3659,38	4989,45	6380,69	15029,52	475,3	64,8%	40,2%	25,5%	15,8%	9,0%
HD2	E3_HD2_205	10 of 10	0,5	Heur7	20207,6	2802,25	5292,65	11943,4	20038,3	1853,9	16,9%	0,7%	0,0%	0,0%	0,0%
HD2	E3_HD2_206	10 of 10	0,5	Heur8	12287,1	5033,75	7095,13	119,944	12248,824	789,9	63,3%	43,7%	33,5%	23,4%	11,8%
HD2	E3_HD2_207	10 of 10	0,5	Heur9	11928,2	4819,5	6807,43	231,349	11858,279	551	89,0%	75,4%	62,0%	47,0%	26,2%
HD2	E3_HD2_208	10 of 10	0,5	Heur10	12397,4	4433,25	5333,48	2490,02	12256,75	508,5	95,3%	87,5%	76,8%	63,7%	48,6%
HD2	E3_HD2_209	1 of 1	0	LowerBound					4438,795604						
HD2	E3_HD2_210	1 of 1	0,1	LowerBound					4438,795604						
HD2	E3_HD2_211	1 of 1	0,3	LowerBound					4438,795604						
HD2	E3_HD2_212	1 of 1	0,5	LowerBound					4438,795604						
HD2	E3_HD2_213	1 of 1	0	LowerBound					6170,230282						
HD2	E3_HD2_214	1 of 1	0,1	LowerBound					6170,230282						
HD2	E3_HD2_215	1 of 1	0,3	LowerBound					6170,230282						
HD2	E3_HD2_216	1 of 1	0,5	LowerBound					6170,230282						
HD2	E3_HD2_217	1 of 1	0	LowerBound					7422,802704						
HD2	E3_HD2_218	1 of 1	0,1	LowerBound					7422,802704						
HD2	E3_HD2_219	1 of 1	0,3	LowerBound					7422,802704						
HD2	E3_HD2_220	1 of 1	0,5	LowerBound					7422,802704						
HD2	E3_HD2_221	1 of 1	0	LowerBound					8412,608968						
HD2	E3_HD2_222	1 of 1	0,1	LowerBound					8412,608968						
HD2	E3_HD2_223	1 of 1	0,3	LowerBound					8412,608968						
HD2	E3_HD2_224	1 of 1	0,5	LowerBound					8412,608968						
HD3	E3_HD3_1	1 of 1	0	Heur1	4086,31	1927,5	2105,5	34,8446	4067,8446	437	0,56522	0,1259	0,0252	0,0069	0,0023
HD3	E3_HD3_2	1 of 1	0	Heur2	5832,59	2762,5	3059,25	8,50254	5830,25254	431	56,6%	12,5%	1,9%	0,5%	0,2%
HD3	E3_HD3_3	1 of 1	0	Heur3	4107,39	1950	2149	6,13235	4105,13235	473	53,9%	6,3%	0,6%	0,0%	0,0%
HD3	E3_HD3_4	1 of 1	0	Heur1p	4204,2	2077,5	2044	64,6167	4186,1167	459	53,4%	10,9%	2,2%	0,4%	0,0%
HD3	E3_HD3_5	1 of 1	0	Heur2p	5785,96	2767,5	3000,75	13,5961	5781,8461	458	54,6%	8,1%	0,9%	0,0%	0,0%
HD3	E3_HD3_6	1 of 1	0	Heur3p	4179,88	2097,5	2058,25	19,3193	4175,0693	466	53,9%	9,2%	2,8%	0,2%	0,0%
HD3	E3_HD3_7	1 of 1	0	Heur4	4247,76	2042,5	2166,75	32,4448	4241,6948	404	56,7%	17,3%	4,5%	0,2%	0,0%
HD3	E3_HD3_8	1 of 1	0	Heur5	5731,37	2652,5	3064,25	13,1509	5729,9009	318	71,4%	45,3%	33,6%	22,3%	14,8%
HD3	E3_HD3_9	1 of 1	0	Heur6	4177,29	1981,25	2136	54,9038	4172,1538	378	63,8%	26,2%	11,9%	4,5%	1,9%
HD3	E3_HD3_10	1 of 1	0	Heur7	4877,42	982,5	3788,25	90,6266	4861,3766	583	21,3%	0,2%	0,0%	0,0%	0,0%
HD3	E3_HD3_11	1 of 1	0	Heur8	6229,75	3291,25	2938,5	0	6229,75	863	34,7%	2,5%	0,0%	0,0%	0,0%
HD3	E3_HD3_12	1 of 1	0	Heur9	6083,5	3208,75	2874,75	0	6083,5	414	100,0%	94,0%	71,3%	36,5%	12,8%
HD3	E3_HD3_13	1 of 1	0	Heur10	4698,21	1885	2059	735,545	4679,545	235	98,3%	94,0%	86,4%	77,4%	67,2%
HD3	E3_HD3_14	1 of 1	0	Heur1	6010,69	2687,5	3086	199,527	5973,027	530	64,3%	26,8%	10,9%	4,7%	2,1%
HD3	E3_HD3_15	1 of 1	0	Heur2	7877,52	3742,5	4086,75	42,3652	7871,6152	510	65,7%	30,4%	10,4%	2,7%	1,2%
HD3	E3_HD3_16	1 of 1	0	Heur3	6058,97	2756,25	3045,25	221,2	6022,7	507	64,7%	29,0%	14,2%	4,5%	1,2%
HD3	E3_HD3_17	1 of 1	0	Heur1p	6226,07	3073,75	2815,75	299,554	6189,054	567	61,7%	28,0%	10,4%	3,9%	1,2%
HD3	E3_HD3_18	1 of 1	0	Heur2p	8337,52	3950	4314,5	61,4676	8325,9676	563	63,4%	27,0%	11,9%	5,2%	2,3%
HD3	E3_HD3_19	1 of 1	0	Heur3p	6364,86	3245	2809,75	272,488	6327,238	589	61,6%	22,8%	6,8%	2,5%	0,5%
HD3	E3_HD3_20	1 of 1	0	Heur4	6095,14	2725	3169,25	190,686	6084,936	472	66,1%	34,3%	17,2%	4,7%	0,8%
HD3	E3_HD3_21	1 of 1	0	Heur5	8351,7	3727,5	4580,5	39,466	8347,466	433	72,1%	45,5%	37,6%	29,8%	18,7%
HD3	E3_HD3_22	1 of 1	0	Heur6	6042,78	2752,5	3163,25	118,599	6034,349	486	65,2%	31,7%	14,4%	10,7%	7,8%
HD3	E3_HD3_23	1 of 1	0	Heur7	6837,68	1825	4489,5	485,52	6800,02	1095	19,3%	0,1%	0,0%	0,0%	0,0%
HD3	E3_HD3_24	1 of 1	0	Heur8	8817,5	4441,25	4376,25	0	8817,5	1451	26,3%	0,3%	0,0%	0,0%	0,0%
HD3	E3_HD3_25	1 of 1	0	Heur9	8481,5	4191,25	4290,25	0	8481,5	524	99,8%	95,4%	74,4%	46,8%	18,1%
HD3	E3_HD3_26	1 of 1	0	Heur10	8253,67	2618,75	2886,25	2711	8216	323	98,2%	92,3%	84,0%	72,9%	60,6%
HD3	E3_HD3_27	1 of 1	0	Heur1	8001,48	3293,75	3801,25	850,064	7945,064	541	72,8%	43,4%	23,7%	11,6%	4,3%
HD3	E3_HD3_28	1 of 1	0	Heur2	9819,63	4432,5	5181	171,916	9785,416	567	67,9%	35,6%	17,5%	7,2%	3,2%
HD3	E3_HD3_29	1 of 1	0	Heur3	7458,42	3327,5	3879,75	196,774	7404,024	544	72,2%	42,8%	23,7%	11,9%	3,3%
HD3	E3_HD3_30	1 of 1	0	Heur1p	11856,8	4210	2732	4858,43	11800,43	626	64,4%	34,8%	16,5%	4,6%	1,6%
HD3	E3_HD3_31	1 of 1	0	Heur2p	10408,5	5445	3812,75	1094,31	10352,06	628	65,8%	36,3%	18,8%	8,1%	3,7%





HD3	E3_HD3_172	10 of 10	0,5	Heur3	6182,32	2755,25	3219,35	161,037	6135,637	532,3	62,6%	24,5%	8,7%	2,6%	0,7%
HD3	E3_HD3_173	10 of 10	0,5	Heur1p	6382,47	3120,25	2920,45	283,631	6324,331	585,6	59,6%	24,4%	8,4%	2,4%	0,5%
HD3	E3_HD3_174	10 of 10	0,5	Heur2p	8169,87	4131,38	3807,9	187,708	8126,988	565,8	65,2%	29,8%	11,3%	3,9%	1,3%
HD3	E3_HD3_175	10 of 10	0,5	Heur3p	6427,69	3088	2960,35	320,158	6368,508	576,6	60,0%	23,1%	7,1%	1,9%	0,4%
HD3	E3_HD3_176	10 of 10	0,5	Heur4	6575,15	2709,63	3272,7	534,867	6517,197	481,9	53,1%	20,5%	7,2%	2,1%	0,4%
HD3	E3_HD3_177	10 of 10	0,5	Heur5	8651,67	3726,25	4666,05	223,367	8615,667	468,3	51,6%	16,1%	5,9%	2,2%	0,8%
HD3	E3_HD3_178	10 of 10	0,5	Heur6	6486,2	2731	3272,58	419,644	6423,224	468,3	52,6%	18,5%	6,5%	2,3%	0,6%
HD3	E3_HD3_179	10 of 10	0,5	Heur7	7078,02	1839,25	4595,48	576,556	7011,286	1113,9	19,8%	0,5%	0,0%	0,0%	0,0%
HD3	E3_HD3_180	10 of 10	0,5	Heur8	9484,85	4440,88	5043,98	0	9484,86	910,9	44,1%	13,0%	2,8%	0,5%	0,1%
HD3	E3_HD3_181	10 of 10	0,5	Heur9	9127,4	4185,5	4941,9	0	9127,4	520,5	89,4%	72,0%	47,1%	22,6%	7,0%
HD3	E3_HD3_182	10 of 10	0,5	Heur10	8703,88	2651,25	2917,03	3055,62	8623,9	325,7	95,9%	88,1%	77,7%	65,2%	51,2%
HD3	E3_HD3_183	10 of 10	0,5	Heur1	8299,69	3319,5	3970,03	910,318	8199,848	547,4	71,0%	41,4%	21,2%	9,4%	3,4%
HD3	E3_HD3_184	10 of 10	0,5	Heur2	10736,1	4370,75	5923,6	396,691	10691,041	543,8	68,3%	35,2%	16,8%	7,5%	3,1%
HD3	E3_HD3_185	10 of 10	0,5	Heur3	8022,56	3290,25	3986,45	653,436	7930,136	544,6	69,1%	37,7%	19,0%	8,5%	3,3%
HD3	E3_HD3_186	10 of 10	0,5	Heur1p	11995,6	4321,63	2685,78	4864,69	11872,1	612	61,6%	32,3%	14,3%	5,0%	1,3%
HD3	E3_HD3_187	10 of 10	0,5	Heur2p	10712,8	5449,38	3946,25	1207,96	10603,59	623,1	64,0%	33,3%	16,2%	7,0%	3,1%
HD3	E3_HD3_188	10 of 10	0,5	Heur3p	10979,9	4343,63	2825,95	3694,03	10863,61	620,2	67,8%	38,2%	18,6%	7,1%	2,0%
HD3	E3_HD3_189	10 of 10	0,5	Heur4	8462,11	3149,5	4139,2	1070,68	8359,38	510,7	58,6%	29,8%	14,2%	6,1%	2,1%
HD3	E3_HD3_190	10 of 10	0,5	Heur5	10892,4	4399,63	6221,9	238,787	10860,317	534,3	51,9%	19,7%	7,3%	2,6%	1,0%
HD3	E3_HD3_191	10 of 10	0,5	Heur6	8265,66	3164,88	4187,48	808,92	8161,28	508,2	56,6%	26,1%	12,3%	5,1%	2,2%
HD3	E3_HD3_192	10 of 10	0,5	Heur7	9975,6	2284,63	5171,75	2409,8	9866,18	1541,6	17,2%	0,5%	0,0%	0,0%	0,0%
HD3	E3_HD3_193	10 of 10	0,5	Heur8	11459,8	5055,63	6404,2	0	11459,83	970,1	48,0%	18,3%	6,3%	2,0%	0,4%
HD3	E3_HD3_194	10 of 10	0,5	Heur9	11029,7	4785,63	6244,03	0	11029,66	586,3	89,7%	73,4%	48,8%	22,5%	6,3%
HD3	E3_HD3_195	10 of 10	0,5	Heur10	12318,4	3211,25	3662,08	5320,48	12193,81	390,1	95,5%	86,8%	75,1%	60,9%	45,2%
HD3	E3_HD3_196	10 of 10	0,5	Heur1	11332,4	3602,75	4387,05	3189,75	11179,55	514,6	75,7%	52,9%	34,1%	19,1%	8,5%
HD3	E3_HD3_197	10 of 10	0,5	Heur2	12920,1	4734,63	6818,33	1274,25	12827,21	477,5	75,6%	51,4%	33,8%	21,6%	12,9%
HD3	E3_HD3_198	10 of 10	0,5	Heur3	11563,9	3593,38	4383,85	3431,56	11408,79	501,7	76,0%	52,5%	34,6%	19,6%	8,5%
HD3	E3_HD3_199	10 of 10	0,5	Heur1p	29588,7	4289,13	2027,58	23090,2	29406,91	624,4	48,0%	17,4%	6,4%	1,9%	0,4%
HD3	E3_HD3_200	10 of 10	0,5	Heur2p	22997,5	5064,5	2553	15199	22816,5	594,2	50,2%	19,1%	6,8%	2,2%	0,5%
HD3	E3_HD3_201	10 of 10	0,5	Heur3p	29993,5	4248,5	2012,35	23546,6	29807,45	628	47,9%	17,9%	6,8%	2,0%	0,5%
HD3	E3_HD3_202	10 of 10	0,5	Heur4	11840,8	3302,5	4758,23	3624,48	11685,21	472,1	63,4%	39,0%	23,3%	12,6%	5,7%
HD3	E3_HD3_203	10 of 10	0,5	Heur5	12901,9	4876,63	7667,2	323,747	12867,577	480,3	56,5%	30,3%	15,8%	8,4%	4,4%
HD3	E3_HD3_204	10 of 10	0,5	Heur6	11479	3346,38	4806,05	3168,8	11321,23	471,3	64,1%	39,0%	23,7%	13,1%	6,1%
HD3	E3_HD3_205	10 of 10	0,5	Heur7	16724,6	2437,25	5264,95	8853,73	16555,93	1844,9	15,8%	0,5%	0,0%	0,0%	0,0%
HD3	E3_HD3_206	10 of 10	0,5	Heur8	11713,2	4777,63	6913,85	13,4164	11704,8964	796	59,7%	38,1%	23,7%	11,5%	3,8%
HD3	E3_HD3_207	10 of 10	0,5	Heur9	11011,5	4407,25	6529,65	48,9328	10985,8328	532,6	89,6%	76,5%	56,1%	30,2%	11,3%
HD3	E3_HD3_208	10 of 10	0,5	Heur10	12681,9	3908,5	4837,13	3792,87	12538,5	470,3	95,4%	87,2%	76,4%	63,3%	48,6%
HD3	E3_HD3_209	1 of 1	0	LowerBound					3990,942626						
HD3	E3_HD3_210	1 of 1	0,1	LowerBound					3990,942626						
HD3	E3_HD3_211	1 of 1	0,3	LowerBound					3990,942626						
HD3	E3_HD3_212	1 of 1	0,5	LowerBound					3990,942626						
HD3	E3_HD3_213	1 of 1	0	LowerBound					5526,003098						
HD3	E3_HD3_214	1 of 1	0,1	LowerBound					5526,003098						
HD3	E3_HD3_215	1 of 1	0,3	LowerBound					5526,003098						
HD3	E3_HD3_216	1 of 1	0,5	LowerBound					5526,003098						
HD3	E3_HD3_217	1 of 1	0	LowerBound					6618,329741						
HD3	E3_HD3_218	1 of 1	0,1	LowerBound					6618,329741						
HD3	E3_HD3_219	1 of 1	0,3	LowerBound					6618,329741						
HD3	E3_HD3_220	1 of 1	0,5	LowerBound					6618,329741						
HD3	E3_HD3_221	1 of 1	0	LowerBound					7462,867997						
HD3	E3_HD3_222	1 of 1	0,1	LowerBound					7462,867997						
HD3	E3_HD3_223	1 of 1	0,3	LowerBound					7462,867997						
HD3	E3_HD3_224	1 of 1	0,5	LowerBound					7462,867997						
HD4	E3_HD4_1	1 of 1	0	Heur1	2565,21	1197,5	1350,5	13	2561	373	0,50134	0,0697	0,0134	0	0
HD4	E3_HD4_2	1 of 1	0	Heur2	3809,8	1720	2066,75	21,4205	3808,1705	295	54,9%	7,5%	0,7%	0,0%	0,0%
HD4	E3_HD4_3	1 of 1	0	Heur3	2587,57	1215	1360,25	10,2934	2585,5434	366	51,6%	10,4%	1,1%	0,3%	0,0%
HD4	E3_HD4_4	1 of 1	0	Heur1p	2651,39	1327,5	1294,5	22,0635	2644,0635	373	51,7%	9,4%	1,1%	0,0%	0,0%
HD4	E3_HD4_5	1 of 1	0	Heur2p	3778,94	1780	1991	6,31228	3777,31228	302	55,6%	8,6%	1,0%	0,0%	0,0%
HD4	E3_HD4_6	1 of 1	0	Heur3p	2581,06	1220	1338,25	18,5856	2576,8356	381	49,9%	5,8%	0,0%	0,0%	0,0%
HD4	E3_HD4_7	1 of 1	0	Heur4	2667,26	1287,5	1370,25	5,4274	2663,1774	354	48,0%	8,2%	0,3%	0,0%	0,0%
HD4	E3_HD4_8	1 of 1	0	Heur5	3968,68	1837,5	2130,75	0,34115	3968,59115	256	39,5%	4,3%	2,7%	2,0%	1,2%
HD4	E3_HD4_9	1 of 1	0	Heur6	2648,81	1225	1352,75	65,986	2643,736	301	52,8%	23,3%	7,6%	0,0%	0,0%
HD4	E3_HD4_10	1 of 1	0	Heur7	3584,2	677,5	2834,75	63,6811	3575,9311	562	16,0%	0,2%	0,0%	0,0%	0,0%
HD4	E3_HD4_11	1 of 1	0	Heur8	3367	1682,5	1684,5	0	3367	735	22,3%	0,3%	0,0%	0,0%	0,0%
HD4	E3_HD4_12	1 of 1	0	Heur9	3233,5	1596,25	1637,25	0	3233,5	305	86,6%	47,9%	14,4%	2,6%	0,7%
HD4	E3_HD4_13	1 of 1	0	Heur10	2858,39	1145	1320	385,1	2850,1	187	95,7%	88,8%	81,3%	71,7%	60,4%
HD4	E3_HD4_14	1 of 1	0	Heur1	3862,75	1721,25	1908,25	222,793	3852,293	446	63,5%	21,3%	4,5%	0,7%	0,0%
HD4	E3_HD4_15	1 of 1	0	Heur2	5634,17	2413,75	3148,25	63,9793	5625,9793	363	62,3%	22,0%	5,0%	0,8%	0,0%
HD4	E3_HD4_16	1 of 1	0	Heur3	3743,64	1756,25	1918,75	59,0649	3734,0649	477	51,8%	14,7%	3,1%	0,8%	0,2%
HD4	E3_HD4_17	1 of 1	0	Heur1p	3793,63	1798,75	1888,75	89,9646	3777,4646	503	55,9%	11,9%	1,8%	0,4%	0,0%

HD4	E3_HD4_18	1 of 1	0	Heur2p	5389,68	2518,75	2639,5	220,128	5378,378	371	60,9%	25,3%	9,4%	2,7%	0,8%
HD4	E3_HD4_19	1 of 1	0	Heur3p	3854,16	1873,75	1820,75	143,417	3837,917	503	58,3%	15,3%	3,6%	0,6%	0,0%
HD4	E3_HD4_20	1 of 1	0	Heur4	3939,88	1756,25	1946,25	226,956	3929,456	409	61,4%	23,0%	3,9%	0,7%	0,0%
HD4	E3_HD4_21	1 of 1	0	Heur5	5820,95	2621,25	3173,75	22,7253	5817,7253	329	60,2%	28,3%	21,3%	8,2%	1,2%
HD4	E3_HD4_22	1 of 1	0	Heur6	3762,03	1721,25	1976,25	54,7774	3752,2774	451	47,0%	15,1%	3,8%	1,1%	0,2%
HD4	E3_HD4_23	1 of 1	0	Heur7	4700,66	1008,75	3429,25	245,626	4683,626	1032	13,5%	0,2%	0,0%	0,0%	0,0%
HD4	E3_HD4_24	1 of 1	0	Heur8	4810,75	2423,75	2387	0	4810,75	1267	18,2%	0,1%	0,0%	0,0%	0,0%
HD4	E3_HD4_25	1 of 1	0	Heur9	4622	2300	2322	0	4622	411	86,6%	48,2%	15,8%	2,4%	0,0%
HD4	E3_HD4_26	1 of 1	0	Heur10	4956,56	1681,25	1826,5	1431,92	4939,67	246	96,7%	87,4%	75,6%	62,6%	48,8%
HD4	E3_HD4_27	1 of 1	0	Heur1	5037,81	2100	2392,5	524,569	5017,069	449	70,6%	34,1%	12,2%	2,4%	0,2%
HD4	E3_HD4_28	1 of 1	0	Heur2	7203,23	2895	4245	58,1887	7198,1887	362	69,1%	37,8%	23,5%	10,8%	2,8%
HD4	E3_HD4_29	1 of 1	0	Heur3	4700,62	2173,75	2443	76,5915	4693,3415	490	60,8%	26,1%	10,4%	3,9%	0,8%
HD4	E3_HD4_30	1 of 1	0	Heur1p	5151,41	2682,5	2067,5	375,892	5125,892	539	64,9%	31,5%	10,2%	1,3%	0,4%
HD4	E3_HD4_31	1 of 1	0	Heur2p	7142,89	3032,5	3742,25	351,211	7125,961	369	64,5%	39,6%	22,8%	12,5%	6,5%
HD4	E3_HD4_32	1 of 1	0	Heur3p	5272,11	2698,75	2017,25	530,587	5246,587	545	67,3%	29,0%	7,7%	0,9%	0,0%
HD4	E3_HD4_33	1 of 1	0	Heur4	4920,42	2077,5	2468,75	357,24	4903,49	425	67,3%	36,7%	13,6%	4,7%	1,6%
HD4	E3_HD4_34	1 of 1	0	Heur5	7148,47	2883,75	4243,5	19,5083	7146,7583	305	73,1%	51,5%	31,8%	16,4%	12,1%
HD4	E3_HD4_35	1 of 1	0	Heur6	4898,06	2155	2470,75	255,387	4881,137	453	57,2%	24,3%	10,6%	3,8%	1,5%
HD4	E3_HD4_36	1 of 1	0	Heur7	5741,82	1396,25	3771,25	548,797	5716,297	1474	12,2%	0,1%	0,0%	0,0%	0,0%
HD4	E3_HD4_37	1 of 1	0	Heur8	5859,25	2841,25	3018	0	5859,25	1780	14,4%	0,1%	0,0%	0,0%	0,0%
HD4	E3_HD4_38	1 of 1	0	Heur9	5433,25	2566,25	2867	0	5433,25	457	81,8%	51,6%	21,4%	5,3%	0,9%
HD4	E3_HD4_39	1 of 1	0	Heur10	6847,97	2062,5	2277	2482,95	6822,45	284	95,4%	85,6%	72,9%	59,5%	45,1%
HD4	E3_HD4_40	1 of 1	0	Heur1	6699,59	2268,75	2739,75	1659,91	6668,41	405	74,3%	45,9%	20,7%	8,4%	4,0%
HD4	E3_HD4_41	1 of 1	0	Heur2	8406,07	3298,75	5034,25	66,6228	8399,6228	369	71,8%	45,0%	28,5%	18,4%	11,1%
HD4	E3_HD4_42	1 of 1	0	Heur3	5760,82	2343,75	2854	539,249	5736,999	417	73,1%	45,1%	24,7%	12,0%	5,8%
HD4	E3_HD4_43	1 of 1	0	Heur1p	9639,79	3135	1599	4871,79	9605,79	489	61,1%	31,7%	13,5%	2,9%	0,4%
HD4	E3_HD4_44	1 of 1	0	Heur2p	9668,68	3450	2757,75	3438,38	9646,13	402	63,4%	41,3%	23,6%	15,2%	9,0%
HD4	E3_HD4_45	1 of 1	0	Heur3p	9700,17	3116,25	1656	4893,92	9666,17	479	61,2%	31,3%	12,9%	3,5%	0,6%
HD4	E3_HD4_46	1 of 1	0	Heur4	6058,05	2263,75	2883,75	876,545	6024,045	382	69,4%	43,5%	23,6%	11,3%	3,9%
HD4	E3_HD4_47	1 of 1	0	Heur5	8620,04	3300	5300,75	18,0778	8618,8278	305	79,7%	64,6%	50,2%	41,0%	32,8%
HD4	E3_HD4_48	1 of 1	0	Heur6	6411,44	2251,25	2914,25	1211,94	6377,44	357	72,5%	51,8%	30,0%	13,4%	6,2%
HD4	E3_HD4_49	1 of 1	0	Heur7	8967,27	1441,25	3895,5	3596,52	8933,27	1805	11,1%	0,1%	0,0%	0,0%	0,0%
HD4	E3_HD4_50	1 of 1	0	Heur8	6371,29	2980	3373	9,145	6362,145	2260	13,6%	0,1%	0,0%	0,0%	0,0%
HD4	E3_HD4_51	1 of 1	0	Heur9	6109,75	2895	3214,75	0	6109,75	445	93,3%	69,7%	40,2%	15,7%	3,8%
HD4	E3_HD4_52	1 of 1	0	Heur10	7682,26	2390	2875,5	2382,81	7648,31	320	96,6%	91,3%	84,7%	75,6%	65,0%
HD4	E3_HD4_53	10 of 10	0,1	Heur1	2561,46	1194,75	1339,75	21,1708	2555,6708	370,9	52,0%	9,0%	0,9%	0,1%	0,0%
HD4	E3_HD4_54	10 of 10	0,1	Heur2	3966,04	1870,13	2088,25	5,19341	3963,57341	296,5	55,2%	9,4%	0,8%	0,0%	0,0%
HD4	E3_HD4_55	10 of 10	0,1	Heur3	2590,01	1231,5	1345,15	9,44822	2586,09822	362	50,1%	11,0%	2,2%	0,5%	0,1%
HD4	E3_HD4_56	10 of 10	0,1	Heur1p	2606,29	1263,5	1312,35	23,6703	2599,5203	384,1	50,9%	8,0%	0,9%	0,1%	0,0%
HD4	E3_HD4_57	10 of 10	0,1	Heur2p	3779,1	1852,75	1898,65	24,2747	3775,6747	292,4	59,0%	16,8%	4,5%	0,9%	0,1%
HD4	E3_HD4_58	10 of 10	0,1	Heur3p	2585,5	1260,5	1307,35	12,6562	2580,5062	382,1	48,9%	6,6%	0,6%	0,0%	0,0%
HD4	E3_HD4_59	10 of 10	0,1	Heur4	2662,26	1287,5	1352,3	17,1474	2656,9474	353,4	50,1%	8,9%	0,6%	0,0%	0,0%
HD4	E3_HD4_60	10 of 10	0,1	Heur5	3957,95	1837,5	2115,38	3,26641	3956,14641	281,7	50,1%	10,4%	4,6%	2,2%	1,0%
HD4	E3_HD4_61	10 of 10	0,1	Heur6	2641,67	1233	1342,03	59,7136	2634,7436	319,3	51,6%	15,2%	2,8%	0,3%	0,0%
HD4	E3_HD4_62	10 of 10	0,1	Heur7	3631,26	645,75	2926,13	50,4997	3622,3797	563,9	15,5%	0,1%	0,0%	0,0%	0,0%
HD4	E3_HD4_63	10 of 10	0,1	Heur8	3441,13	1745,25	1695,88	0	3441,13	564,5	27,7%	4,6%	0,1%	0,0%	0,0%
HD4	E3_HD4_64	10 of 10	0,1	Heur9	3281,53	1635,5	1646,03	0	3281,53	303,6	78,3%	45,9%	17,9%	4,8%	0,6%
HD4	E3_HD4_65	10 of 10	0,1	Heur10	2864,18	1185,5	1289,58	379,055	2854,135	189,8	97,0%	92,0%	85,6%	78,0%	69,1%
HD4	E3_HD4_66	10 of 10	0,1	Heur1	3963,17	1824	1918,68	204,408	3947,088	442,5	61,8%	22,1%	5,4%	1,2%	0,1%
HD4	E3_HD4_67	10 of 10	0,1	Heur2	5748,6	2528,5	3196,78	18,0582	5743,3382	401,5	55,8%	10,2%	1,1%	0,1%	0,0%
HD4	E3_HD4_68	10 of 10	0,1	Heur3	3814,29	1815,5	1938,93	48,2291	3802,6591	473,7	52,0%	15,1%	4,3%	1,6%	0,4%
HD4	E3_HD4_69	10 of 10	0,1	Heur1p	3881,04	1925,38	1864,78	76,7011	3866,8611	493,7	58,2%	16,1%	3,2%	0,6%	0,1%
HD4	E3_HD4_70	10 of 10	0,1	Heur2p	5488,2	2566,13	2763	147,016	5476,146	359,7	62,4%	28,2%	11,7%	4,1%	1,3%
HD4	E3_HD4_71	10 of 10	0,1	Heur3p	3869,49	1918,25	1856,78	77,523	3852,553	494,1	56,7%	15,7%	3,5%	0,7%	0,1%
HD4	E3_HD4_72	10 of 10	0,1	Heur4	3890,67	1710,75	1942,75	221,856	3875,356	412,2	60,2%	22,0%	4,8%	0,7%	0,0%
HD4	E3_HD4_73	10 of 10	0,1	Heur5	5839,84	2621,63	3186,58	24,3175	5832,5275	329,8	60,2%	23,7%	9,4%	5,5%	2,6%
HD4	E3_HD4_74	10 of 10	0,1	Heur6	3754,43	1721,25	1975,85	46,6337	3743,7337	449,6	48,7%	15,8%	3,9%	1,0%	0,1%
HD4	E3_HD4_75	10 of 10	0,1	Heur7	4788,52	1064,5	3504,75	199,995	4769,245	1038,1	13,5%	0,1%	0,0%	0,0%	0,0%
HD4	E3_HD4_76	10 of 10	0,1	Heur8	4938,53	2460,75	2477,78	0	4938,53	767,9	28,2%	3,8%	0,2%	0,0%	0,0%
HD4	E3_HD4_77	10 of 10	0,1	Heur9	4644,08	2268,75	2375,33	0	4644,08	405,4	79,4%	46,1%	18,3%	5,5%	1,3%
HD4	E3_HD4_78	10 of 10	0,1	Heur10	4985,4	1768,5	1833,15	1363,02	4964,67	248,5	96,4%	89,1%	79,3%	67,0%	53,4%
HD4	E3_HD4_79	10 of 10	0,1	Heur1	5153,76	2094,13	2399,93	633,669	5127,729	460,5	67,9%	31,7%	10,1%	2,4%	0,6%
HD4	E3_HD4_80	10 of 10	0,1	Heur2	7177,61	2888,5	4251,53	28,8944	7168,9244	393	64,0%	27,3%	11,0%	4,9%	2,2%
HD4	E3_HD4_81	10 of 10	0,1	Heur3	4773,73	2140,25	2467,08	148,512	4755,842	507,1	60,5%	23,4%	8,3%	2,5%	0,7%
HD4	E3_HD4_82	10 of 10	0,1	Heur1p	5000,09	2555,38	2089,85	327,595	4972,825	530	66,2%	31,0%	9,2%	2,2%	0,2%
HD4	E3_HD4_83	10 of 10	0,1	Heur2p	7171,53	3037,75	3598,43	515,104	7151,284	378,7	62,4%	33,6%	16,8%	7,8%	3,4%
HD4	E3_HD4_84	10 of 10	0,1	Heur3p	5162,52	2583	2053,35	497,019	5133,369	541,1	63,7%	26,4%	6,9%	1,2%	0,2%
HD4	E3_HD4_85	10 of 10	0,1	Heur4	4956,9	2080,63	2490,38	366,026	4937,036	431,9	64,9%	32,3%	10,9%	2,8%	0,6%
HD4	E3_HD4_86	10 of 10	0,1	Heur5	7149,03	2883,75	4240,35	20,0037	7144,1037	318,1	68,1%	41,6%	22,6%	10,8%	6,4%
HD4	E3_HD4_87	10 of 10	0,1	Heur6	4851,73	2139	2499,28	194,673	4832,953	460,3	56,7%	24,0%	10,2%	3,8%	1,1%



HD4	E3_HD4_158	10 of 10	0,5	Heur2	3920,37	1815,63	2084,45	16,9581	3917,0381	290,1	56,9%	12,4%	2,4%	0,3%	0,0%
HD4	E3_HD4_159	10 of 10	0,5	Heur3	2663,83	1285,75	1360,73	11,95	2658,43	367,4	52,4%	9,7%	1,4%	0,2%	0,1%
HD4	E3_HD4_160	10 of 10	0,5	Heur1p	2638,35	1292,88	1328,78	10,8339	2632,4939	386,3	51,3%	8,8%	0,9%	0,1%	0,0%
HD4	E3_HD4_161	10 of 10	0,5	Heur2p	3813,58	1858,38	1931,68	18,8258	3808,8858	304,3	57,8%	13,7%	2,3%	0,3%	0,0%
HD4	E3_HD4_162	10 of 10	0,5	Heur3p	2679,05	1348	1306,73	16,4401	2671,1701	383,9	52,1%	9,1%	1,1%	0,1%	0,0%
HD4	E3_HD4_163	10 of 10	0,5	Heur4	2790,51	1287,5	1366,53	122,062	2776,092	349,7	45,3%	6,9%	0,5%	0,0%	0,0%
HD4	E3_HD4_164	10 of 10	0,5	Heur5	4016,79	1829,75	2119,35	58,6414	4007,7414	290,6	39,0%	7,8%	2,4%	1,1%	0,4%
HD4	E3_HD4_165	10 of 10	0,5	Heur6	2768,74	1229	1352,53	171,411	2752,941	315,1	45,7%	12,3%	2,3%	0,3%	0,0%
HD4	E3_HD4_166	10 of 10	0,5	Heur7	3617,98	647,25	2928,75	32,7976	3608,7976	565,8	15,8%	0,1%	0,0%	0,0%	0,0%
HD4	E3_HD4_167	10 of 10	0,5	Heur8	3500,43	1667,5	1832,93	0	3500,43	581,4	26,1%	3,4%	0,3%	0,0%	0,0%
HD4	E3_HD4_168	10 of 10	0,5	Heur9	3332,19	1553,75	1778,44	0	3332,19	296,778	75,0%	38,2%	12,0%	2,7%	0,4%
HD4	E3_HD4_169	10 of 10	0,5	Heur10	2964,33	1226,25	1287,9	433,841	2947,991	190,9	95,9%	88,2%	78,4%	66,9%	54,2%
HD4	E3_HD4_170	10 of 10	0,5	Heur1	3910,13	1832,5	1975,83	82,6131	3890,9431	456,3	59,4%	19,1%	4,1%	0,6%	0,0%
HD4	E3_HD4_171	10 of 10	0,5	Heur2	5783,58	2473,5	3205,48	91,2614	5770,2414	366,2	60,4%	20,2%	6,0%	1,6%	0,2%
HD4	E3_HD4_172	10 of 10	0,5	Heur3	3904,5	1829	1975,23	83,2219	3887,4519	460,7	57,9%	18,1%	4,7%	1,0%	0,2%
HD4	E3_HD4_173	10 of 10	0,5	Heur1p	3935,83	1950	1890,35	74,4803	3914,8303	493,6	58,2%	17,1%	3,8%	0,7%	0,0%
HD4	E3_HD4_174	10 of 10	0,5	Heur2p	5531,68	2561,38	2748,6	202,682	5512,662	374,7	60,2%	23,6%	8,0%	2,2%	0,5%
HD4	E3_HD4_175	10 of 10	0,5	Heur3p	3927,07	1936,75	1894,3	73,9364	3904,9864	495,8	57,2%	16,8%	3,5%	0,6%	0,1%
HD4	E3_HD4_176	10 of 10	0,5	Heur4	4075,05	1700,5	1965,6	380,705	4046,805	409,4	49,7%	15,4%	3,0%	0,3%	0,0%
HD4	E3_HD4_177	10 of 10	0,5	Heur5	6002,58	2618,5	3203,45	160,188	5982,138	320,7	47,3%	14,8%	4,0%	1,6%	0,6%
HD4	E3_HD4_178	10 of 10	0,5	Heur6	3948,58	1721,38	2012,9	191,944	3926,224	454,4	41,9%	10,5%	1,8%	0,4%	0,0%
HD4	E3_HD4_179	10 of 10	0,5	Heur7	4801,34	1063,25	3537,03	173,808	4774,088	1050,7	13,9%	0,3%	0,0%	0,0%	0,0%
HD4	E3_HD4_180	10 of 10	0,5	Heur8	5020,45	2322,5	2697,95	0	5020,45	777,9	25,8%	3,3%	0,3%	0,0%	0,0%
HD4	E3_HD4_181	10 of 10	0,5	Heur9	4759,25	2154,44	2604,81	0	4759,25	397,222	73,7%	37,1%	11,9%	2,9%	0,4%
HD4	E3_HD4_182	10 of 10	0,5	Heur10	5182,33	1761,63	1845,83	1538,55	5146,01	249,2	94,5%	85,2%	73,3%	59,2%	43,6%
HD4	E3_HD4_183	10 of 10	0,5	Heur1	5068,14	2122	2451,93	455,584	5029,514	462,8	66,0%	30,1%	10,8%	3,2%	0,6%
HD4	E3_HD4_184	10 of 10	0,5	Heur2	7423,35	2870,38	4203,75	321,38	7395,51	362,4	65,6%	31,8%	13,7%	5,7%	2,4%
HD4	E3_HD4_185	10 of 10	0,5	Heur3	4996,66	2149,13	2466,63	347,042	4962,802	481,1	64,2%	27,7%	9,2%	2,2%	0,5%
HD4	E3_HD4_186	10 of 10	0,5	Heur1p	5176,55	2638,88	2094,08	398,479	5131,439	532,9	65,0%	30,7%	9,1%	1,9%	0,4%
HD4	E3_HD4_187	10 of 10	0,5	Heur2p	7429,64	3100,63	3492,7	800,422	7393,752	393,2	62,0%	31,4%	14,3%	5,5%	1,6%
HD4	E3_HD4_188	10 of 10	0,5	Heur3p	5167,57	2613,38	2081,68	426,228	5121,288	541,4	63,3%	26,8%	7,1%	1,5%	0,3%
HD4	E3_HD4_189	10 of 10	0,5	Heur4	5236,99	2062,75	2491,18	646,776	5200,706	430,4	54,1%	21,3%	6,3%	1,6%	0,3%
HD4	E3_HD4_190	10 of 10	0,5	Heur5	7354,11	2883,38	4260,85	181,975	7326,205	337,1	51,1%	20,7%	5,9%	1,7%	0,5%
HD4	E3_HD4_191	10 of 10	0,5	Heur6	5085,43	2105,25	2528,88	414,832	5048,962	455,2	50,3%	18,9%	6,8%	2,3%	0,5%
HD4	E3_HD4_192	10 of 10	0,5	Heur7	6012,51	1373,38	3701,6	888,062	5963,042	1490,7	12,7%	0,2%	0,0%	0,0%	0,0%
HD4	E3_HD4_193	10 of 10	0,5	Heur8	6038,78	2670,88	3367,9	0	6038,78	837,7	28,0%	4,4%	0,6%	0,1%	0,0%
HD4	E3_HD4_194	10 of 10	0,5	Heur9	5732,88	2494,17	3238,64	0,0355	5732,8455	445,444	77,0%	39,6%	12,7%	2,5%	0,2%
HD4	E3_HD4_195	10 of 10	0,5	Heur10	7157,81	2068	2282,05	2752,04	7102,09	285,6	94,8%	84,7%	71,3%	56,0%	39,6%
HD4	E3_HD4_196	10 of 10	0,5	Heur1	6550,8	2337,63	2793,28	1358,78	6489,69	394,1	73,8%	45,9%	22,2%	8,7%	2,6%
HD4	E3_HD4_197	10 of 10	0,5	Heur2	9321,33	3077,88	4975,63	1220,31	9273,82	321,5	12,2%	43,8%	24,9%	13,0%	6,4%
HD4	E3_HD4_198	10 of 10	0,5	Heur3	6509,22	2354,38	2828,35	1265,64	6448,37	395,1	75,2%	45,7%	21,8%	8,7%	2,6%
HD4	E3_HD4_199	10 of 10	0,5	Heur1p	10416,7	3100,25	1607,28	5631,61	10339,14	479	63,8%	32,9%	12,2%	2,7%	0,4%
HD4	E3_HD4_200	10 of 10	0,5	Heur2p	9732,17	3409,38	2027,88	4217,33	9654,59	402,7	58,8%	26,0%	10,9%	4,3%	1,5%
HD4	E3_HD4_201	10 of 10	0,5	Heur3p	10459,2	3081,63	1619,4	5680,17	10381,2	480,5	61,5%	31,9%	11,7%	1,9%	0,2%
HD4	E3_HD4_202	10 of 10	0,5	Heur4	6387,77	2257,88	2925,8	1142,16	6325,84	367,2	60,6%	33,4%	15,7%	5,9%	1,6%
HD4	E3_HD4_203	10 of 10	0,5	Heur5	8900,47	3300	5326,98	238,809	8865,789	314,7	52,5%	25,3%	11,1%	4,3%	1,7%
HD4	E3_HD4_204	10 of 10	0,5	Heur6	6548,04	2236,38	2947,28	1306,43	6490,09	360,8	62,7%	37,3%	19,8%	8,9%	3,1%
HD4	E3_HD4_205	10 of 10	0,5	Heur7	8816,99	1449,13	3896,63	3396,73	8742,49	1817,9	11,1%	0,2%	0,0%	0,0%	0,0%
HD4	E3_HD4_206	10 of 10	0,5	Heur8	6607,69	2775,25	3816,1	11,9747	6603,3247	693,2	43,2%	17,2%	6,4%	1,5%	0,1%
HD4	E3_HD4_207	10 of 10	0,5	Heur9	6339,72	2636,11	3646,97	38,8554	6321,9354	421	86,6%	57,2%	27,0%	8,5%	1,8%
HD4	E3_HD4_208	10 of 10	0,5	Heur10	8105,57	2456,25	2773,25	2804,02	8033,52	325,7	95,9%	88,6%	78,4%	66,1%	51,9%
HD4	E3_HD4_209	1 of 1	0	LowerBound					2557,834744						
HD4	E3_HD4_210	1 of 1	0,1	LowerBound					2557,834744						
HD4	E3_HD4_211	1 of 1	0,3	LowerBound					2557,834744						
HD4	E3_HD4_212	1 of 1	0,5	LowerBound					2557,834744						
HD4	E3_HD4_213	1 of 1	0	LowerBound					3568,957931						
HD4	E3_HD4_214	1 of 1	0,1	LowerBound					3568,957931						
HD4	E3_HD4_215	1 of 1	0,3	LowerBound					3568,957931						
HD4	E3_HD4_216	1 of 1	0,5	LowerBound					3568,957931						
HD4	E3_HD4_217	1 of 1	0	LowerBound					4307,46702						
HD4	E3_HD4_218	1 of 1	0,1	LowerBound					4307,46702						
HD4	E3_HD4_219	1 of 1	0,3	LowerBound					4307,46702						
HD4	E3_HD4_220	1 of 1	0,5	LowerBound					4307,46702						
HD4	E3_HD4_221	1 of 1	0	LowerBound					4893,121019						
HD4	E3_HD4_222	1 of 1	0,1	LowerBound					4893,121019						
HD4	E3_HD4_223	1 of 1	0,3	LowerBound					4893,121019						
HD4	E3_HD4_224	1 of 1	0,5	LowerBound					4893,121019						





Experimento E4

La Tabla A 4 muestra los datos de cada instancia experimento E4. Este experimento se lleva a cabo los data set HU1, HU2, HU3 y HU4 descritos en el capítulo 5 .

Tabla A 4 Resultados experimento E4

HD	Name	Completed	CVDemand	HEUR	Utilization	Csetup	Cholding	Cnondelivery	Ctotal(H+S+ND)	Mtotal	%M1	%M2	%M3	%M4	%M5
HU1	E4_HU1_1	1 of 1	0	Heur1	0,22	2197,50	2261,75	48,20	4507,445	454	57,9%	15,2%	5,1%	1,5%	0,4%
HU1	E4_HU1_2	1 of 1	0	Heur2	0,22	2403,75	2402,25	31,56	4837,5579	338	63,0%	25,7%	12,4%	6,2%	3,0%
HU1	E4_HU1_3	1 of 1	0	Heur3	0,22	2186,25	2237,25	101,14	4524,636	417	62,1%	28,3%	17,0%	8,4%	5,8%
HU1	E4_HU1_4	1 of 1	0	Heur1p	0,22	2323,75	2186,25	43,87	4553,8671	476	52,1%	9,7%	1,7%	0,6%	0,0%
HU1	E4_HU1_5	1 of 1	0	Heur2p	0,22	2338,75	2418,75	3,20	4760,69656	412	51,9%	3,9%	1,7%	1,2%	0,5%
HU1	E4_HU1_6	1 of 1	0	Heur3p	0,22	2240,00	2216,00	110,34	4566,335	442	61,3%	21,9%	9,5%	5,0%	1,1%
HU1	E4_HU1_7	1 of 1	0	Heur4	0,22	2186,25	2274,25	63,34	4523,8425	439	58,5%	18,0%	5,0%	1,8%	0,7%
HU1	E4_HU1_8	1 of 1	0	Heur5	0,22	2420,00	2411,75	0,00	4831,75	238	90,8%	81,5%	72,7%	63,9%	55,0%
HU1	E4_HU1_9	1 of 1	0	Heur6	0,22	2186,25	2276,50	7,23	4469,9775	361	72,0%	45,7%	34,6%	26,6%	18,6%
HU1	E4_HU1_10	1 of 1	0	Heur7	0,22	1248,75	4184,00	78,13	5510,881	595	22,0%	0,3%	0,0%	0,0%	0,0%
HU1	E4_HU1_11	1 of 1	0	Heur8	0,22	3647,50	3211,00	0,00	6858,5	892	0,8%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
HU1	E4_HU1_12	1 of 1	0	Heur9	0,22	3016,25	2880,50	0,00	5896,75	412	99,8%	97,8%	86,9%	67,0%	45,1%
HU1	E4_HU1_13	1 of 1	0	Heur10	0,22	2192,50	2194,75	223,87	4611,12	257	100,0%	99,2%	98,4%	97,3%	94,6%
HU1	E4_HU1_14	1 of 1	0	Heur1	0,44	3002,50	3216,00	327,13	6545,631	548	66,8%	31,2%	15,3%	8,9%	5,3%
HU1	E4_HU1_15	1 of 1	0	Heur2	0,44	3300,00	3458,25	43,87	6802,1171	434	67,7%	35,5%	15,4%	8,8%	1,8%
HU1	E4_HU1_16	1 of 1	0	Heur3	0,44	2993,75	3265,75	66,60	6326,1018	539	69,0%	36,2%	19,3%	9,1%	4,1%
HU1	E4_HU1_17	1 of 1	0	Heur1p	0,44	3626,25	2704,25	678,05	7008,547	611	56,1%	22,1%	9,0%	3,6%	1,6%
HU1	E4_HU1_18	1 of 1	0,1	Heur2p	0,44	3478,75	3421,25	27,34	6927,3385	544	60,3%	20,0%	9,7%	4,2%	2,0%
HU1	E4_HU1_19	1 of 1	0,1	Heur3p	0,44	3952,50	2561,25	704,93	7218,683	631	61,3%	24,4%	9,8%	4,3%	1,4%
HU1	E4_HU1_20	1 of 1	0,1	Heur4	0,44	2908,75	3255,25	303,93	6467,93	520	63,7%	30,8%	14,8%	7,1%	3,7%
HU1	E4_HU1_21	1 of 1	0,1	Heur5	0,44	3300,00	3486,75	0,37	6787,116375	326	90,2%	80,7%	71,2%	62,0%	52,8%
HU1	E4_HU1_22	1 of 1	0,1	Heur6	0,44	2991,25	3245,50	35,84	6272,5919	483	73,5%	49,7%	36,0%	22,6%	14,3%
HU1	E4_HU1_23	1 of 1	0,1	Heur7	0,44	1951,25	4778,50	426,44	7156,191	1114	20,6%	0,3%	0,0%	0,0%	0,0%
HU1	E4_HU1_24	1 of 1	0,1	Heur8	0,44	5183,75	4684,75	0,00	9868,5	1527	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
HU1	E4_HU1_25	1 of 1	0,1	Heur9	0,44	3796,25	3934,25	0,00	7730,5	528	98,1%	90,9%	76,7%	59,1%	40,3%
HU1	E4_HU1_26	1 of 1	0,1	Heur10	0,44	2963,75	3167,50	732,35	6863,598	356	99,4%	98,3%	96,9%	92,1%	85,7%
HU1	E4_HU1_27	1 of 1	0,1	Heur1	0,66	3562,50	3800,00	1626,94	8989,44	550	72,7%	45,6%	30,0%	19,3%	12,7%
HU1	E4_HU1_28	1 of 1	0,1	Heur2	0,66	4037,50	4194,50	53,98	8285,9797	456	77,9%	55,7%	40,4%	32,5%	24,6%
HU1	E4_HU1_29	1 of 1	0,1	Heur3	0,66	3636,25	4079,50	120,89	7836,644	610	72,0%	43,3%	28,2%	18,5%	10,5%
HU1	E4_HU1_30	1 of 1	0,1	Heur1p	0,66	5078,75	2043,75	6994,16	14116,66	678	59,1%	30,2%	11,7%	2,8%	0,4%
HU1	E4_HU1_31	1 of 1	0,1	Heur2p	0,66	5282,75	2908,50	2703,47	10894,47	575	80,3%	59,3%	39,7%	24,5%	13,7%
HU1	E4_HU1_32	1 of 1	0,1	Heur3p	0,66	5343,75	2244,00	4892,21	12479,96	706	56,7%	27,2%	11,5%	4,2%	1,7%
HU1	E4_HU1_33	1 of 1	0,1	Heur4	0,66	3416,25	3945,50	1744,08	9105,83	537	66,1%	38,4%	22,7%	13,4%	7,3%
HU1	E4_HU1_34	1 of 1	0,1	Heur5	0,66	3965,00	4532,50	0,00	8497,5	497	71,6%	43,7%	22,5%	8,2%	0,8%
HU1	E4_HU1_35	1 of 1	0,1	Heur6	0,66	3527,50	4039,50	75,03	7642,0309	555	76,4%	55,1%	40,7%	25,2%	13,0%
HU1	E4_HU1_36	1 of 1	0,1	Heur7	0,66	2371,25	5439,75	2724,24	10535,24	1527	17,9%	0,3%	0,0%	0,0%	0,0%
HU1	E4_HU1_37	1 of 1	0,1	Heur8	0,66	6066,25	5770,25	0,00	11836,5	2162	0,9%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
HU1	E4_HU1_38	1 of 1	0,1	Heur9	0,66	4562,50	4861,00	4,08	9427,57513	615	99,5%	96,9%	87,0%	66,3%	43,9%
HU1	E4_HU1_39	1 of 1	0,1	Heur10	0,66	3650,00	3986,00	1143,65	8779,65	432	99,8%	97,9%	94,9%	90,0%	84,3%
HU1	E4_HU1_40	1 of 1	0,1	Heur1	0,88	3781,25	4061,50	5707,21	13549,96	524	75,2%	52,7%	36,6%	25,8%	17,6%
HU1	E4_HU1_41	1 of 1	0,1	Heur2	0,88	4535,00	4935,00	58,62	9528,6157	456	87,7%	76,1%	64,7%	53,5%	42,3%
HU1	E4_HU1_42	1 of 1	0,1	Heur3	0,88	4095,00	4381,50	1426,48	9902,98	538	80,7%	63,8%	50,6%	38,5%	24,7%
HU1	E4_HU1_43	1 of 1	0,1	Heur1p	0,88	4567,50	2025,00	19163,50	25756	651	48,2%	12,6%	0,6%	0,3%	0,3%
HU1	E4_HU1_44	1 of 1	0,1	Heur2p	0,88	5680,00	2421,75	11176,30	19278,05	461	35,4%	12,4%	1,1%	0,7%	0,4%
HU1	E4_HU1_45	1 of 1	0,1	Heur3p	0,88	5038,75	2409,75	11531,00	18979,5	616	45,5%	10,4%	1,1%	0,3%	0,0%
HU1	E4_HU1_46	1 of 1	0,1	Heur4	0,88	3587,50	4414,50	4908,06	12910,06	486	69,5%	45,1%	29,2%	19,1%	12,1%
HU1	E4_HU1_47	1 of 1	0,1	Heur5	0,88	4521,25	5282,25	0,00	9803,5	449	88,9%	78,6%	69,0%	59,7%	50,8%
HU1	E4_HU1_48	1 of 1	0,1	Heur6	0,88	3942,50	4696,50	1596,91	10235,91	535	72,0%	54,4%	42,1%	27,5%	17,0%
HU1	E4_HU1_49	1 of 1	0,1	Heur7	0,88	2767,50	4999,75	7136,29	14903,54	1846	17,2%	0,2%	0,0%	0,0%	0,0%



HU1	E4_HU1_1	10 of 10	0,3	Heur3	0,22	2186,25	2281,68	21,88	4489,8115	468,8	57,8%	15,4%	4,2%	1,2%	0,3%
HU1	E4_HU1_1	10 of 10	0,3	Heur1p	0,22	2287,38	2188,80	45,30	4521,4756	467,8	54,6%	13,5%	3,2%	0,9%	0,3%
HU1	E4_HU1_1	10 of 10	0,3	Heur2p	0,22	2396,88	2418,83	22,57	4838,2821	391,1	55,6%	11,5%	2,6%	0,7%	0,3%
HU1	E4_HU1_1	10 of 10	0,3	Heur3p	0,22	2259,00	2236,28	28,12	4523,402	485,8	56,4%	12,9%	2,9%	0,8%	0,2%
HU1	E4_HU1_1	10 of 10	0,3	Heur4	0,22	2177,25	2311,15	142,83	4631,231	441,3	52,4%	13,1%	3,7%	1,4%	0,6%
HU1	E4_HU1_1	10 of 10	0,3	Heur5	0,22	2420,00	2467,28	90,57	4977,8523	238,4	62,5%	35,6%	19,0%	10,3%	5,8%
HU1	E4_HU1_1	10 of 10	0,3	Heur6	0,22	2186,13	2319,13	103,26	4608,524	363,1	54,6%	22,4%	9,7%	4,0%	1,5%
HU1	E4_HU1_1	10 of 10	0,3	Heur7	0,22	1236,75	4164,90	71,00	5472,6511	599,2	22,3%	0,4%	0,0%	0,0%	0,0%
HU1	E4_HU1_1	10 of 10	0,3	Heur8	0,22	3721,38	3460,58	0,00	7181,96	927,8	0,9%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
HU1	E4_HU1_1	10 of 10	0,3	Heur9	0,22	2894,88	3046,38	0,00	5941,26	401,4	89,6%	75,1%	56,0%	36,0%	19,8%
HU1	E4_HU1_1	10 of 10	0,3	Heur10	0,22	2165,38	2199,53	240,96	4605,867	255,4	97,7%	93,3%	87,6%	79,7%	70,4%
HU1	E4_HU1_1	10 of 10	0,3	Heur1	0,44	3013,00	3261,88	271,55	6546,43	560,2	63,6%	27,1%	12,2%	5,7%	2,5%
HU1	E4_HU1_1	10 of 10	0,3	Heur2	0,44	3260,88	3524,73	89,97	6875,5825	466,1	62,9%	26,4%	11,2%	4,6%	1,9%
HU1	E4_HU1_1	10 of 10	0,3	Heur3	0,44	3017,00	3277,25	161,81	6456,059	573,5	63,9%	27,6%	12,0%	5,5%	2,6%
HU1	E4_HU1_1	10 of 10	0,3	Heur1p	0,44	3580,00	2777,18	521,18	6878,362	614,1	57,6%	23,2%	9,5%	3,5%	1,2%
HU1	E4_HU1_1	10 of 10	0,5	Heur2p	0,44	3838,38	3052,83	323,78	7214,994	529,5	63,3%	28,5%	13,0%	5,9%	2,5%
HU1	E4_HU1_1	10 of 10	0,5	Heur3p	0,44	3647,38	2782,38	473,37	6903,126	621,5	58,0%	24,4%	9,8%	3,8%	1,2%
HU1	E4_HU1_1	10 of 10	0,5	Heur4	0,44	2900,88	3296,10	521,04	6718,015	533,6	57,2%	23,0%	9,8%	4,4%	1,7%
HU1	E4_HU1_1	10 of 10	0,5	Heur5	0,44	3300,00	3583,78	168,38	7052,16	328,2	72,5%	50,1%	33,3%	21,7%	14,1%
HU1	E4_HU1_1	10 of 10	0,5	Heur6	0,44	3002,00	3320,80	218,24	6541,04	508,9	59,4%	27,1%	12,9%	6,3%	2,9%
HU1	E4_HU1_1	10 of 10	0,5	Heur7	0,44	1951,38	4834,03	493,88	7279,286	9	20,5%	0,4%	0,0%	0,0%	0,0%
HU1	E4_HU1_1	10 of 10	0,5	Heur8	0,44	5067,63	5047,45	0,00	10115,08	1560,3	0,7%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
HU1	E4_HU1_1	10 of 10	0,5	Heur9	0,44	3815,25	4372,88	0,00	8188,13	536,4	91,4%	77,4%	58,4%	37,0%	19,1%
HU1	E4_HU1_1	10 of 10	0,5	Heur10	0,44	3039,63	3127,03	827,39	6994,05	358,3	97,8%	93,2%	86,7%	78,0%	67,3%
HU1	E4_HU1_1	10 of 10	0,5	Heur1	0,66	3562,38	3906,20	1371,71	8840,29	572,3	69,1%	39,1%	22,2%	12,4%	6,5%
HU1	E4_HU1_1	10 of 10	0,5	Heur2	0,66	3956,88	4337,98	293,51	8588,367	495,9	70,4%	40,7%	23,0%	12,4%	6,8%
HU1	E4_HU1_1	10 of 10	0,5	Heur3	0,66	3631,00	4009,88	642,40	8283,284	614,7	68,4%	37,5%	20,8%	11,4%	6,0%
HU1	E4_HU1_1	10 of 10	0,5	Heur1p	0,66	5506,25	2122,53	5009,42	12638,2	717,8	56,4%	27,6%	11,8%	4,5%	1,7%
HU1	E4_HU1_1	10 of 10	0,5	Heur2p	0,66	5400,50	2949,80	2441,58	10791,88	589,8	76,4%	51,8%	31,1%	15,8%	8,4%
HU1	E4_HU1_1	10 of 10	0,5	Heur3p	0,66	5473,13	2168,60	4924,88	12566,61	719,1	56,7%	28,2%	12,1%	4,9%	1,9%
HU1	E4_HU1_1	10 of 10	0,5	Heur4	0,66	3405,50	4030,75	1776,26	9212,51	537,9	62,0%	33,0%	17,6%	9,6%	5,0%
HU1	E4_HU1_1	10 of 10	0,5	Heur5	0,66	3970,00	4656,08	52,08	8678,1556	652,7	74,0%	53,0%	38,0%	26,0%	18,0%
HU1	E4_HU1_1	10 of 10	0,5	Heur6	0,66	3543,13	4180,65	436,97	8160,747	580,8	62,5%	34,3%	19,1%	10,6%	5,5%
HU1	E4_HU1_1	10 of 10	0,5	Heur7	0,66	2400,38	5530,83	1989,35	9920,56	1538,7	18,5%	0,5%	0,0%	0,0%	0,0%
HU1	E4_HU1_1	10 of 10	0,5	Heur8	0,66	6023,25	6299,88	0,00	12323,13	2160,5	2,4%	0,1%	0,0%	0,0%	0,0%
HU1	E4_HU1_1	10 of 10	0,5	Heur9	0,66	4490,25	5386,18	0,21	9876,637425	620,1	92,3%	80,4%	62,0%	40,6%	21,3%
HU1	E4_HU1_1	10 of 10	0,5	Heur10	0,66	3681,13	3952,65	1411,06	9044,84	438,5	96,5%	90,3%	81,8%	71,2%	58,8%
HU1	E4_HU1_1	10 of 10	0,5	Heur1	0,88	3882,00	4205,55	4466,66	12554,21	531,1	71,7%	46,9%	31,0%	20,4%	12,7%
HU1	E4_HU1_1	10 of 10	0,5	Heur2	0,88	4465,13	4911,75	743,43	10120,308	464,8	82,7%	65,6%	51,5%	39,7%	29,9%
HU1	E4_HU1_1	10 of 10	0,5	Heur3	0,88	4110,50	4517,98	1684,74	10313,22	559,3	76,5%	55,5%	39,3%	27,0%	16,6%
HU1	E4_HU1_1	10 of 10	0,5	Heur1p	0,88	4679,13	2102,95	16210,60	22992,68	629,8	46,9%	16,7%	6,1%	2,4%	0,9%
HU1	E4_HU1_1	10 of 10	0,5	Heur2p	0,88	5297,13	2367,93	12259,20	19924,26	529,6	46,2%	11,9%	4,4%	2,2%	1,0%
HU1	E4_HU1_1	10 of 10	0,5	Heur3p	0,88	4830,88	2310,70	13171,50	20313,08	629,1	44,6%	14,2%	3,7%	0,9%	0,3%
HU1	E4_HU1_1	10 of 10	0,5	Heur4	0,88	3635,88	4515,40	4762,66	12913,94	495,2	64,8%	39,8%	25,0%	15,5%	9,5%
HU1	E4_HU1_1	10 of 10	0,5	Heur5	0,88	4513,25	5423,65	94,63	10031,5292	479,7	77,3%	58,3%	43,4%	31,8%	22,8%
HU1	E4_HU1_1	10 of 10	0,5	Heur6	0,88	3893,88	4806,95	1755,20	10456,03	522,5	71,0%	50,5%	36,5%	25,4%	17,1%
HU1	E4_HU1_1	10 of 10	0,5	Heur7	0,88	2777,88	5137,20	7119,44	15034,52	1837,6	16,9%	0,6%	0,0%	0,0%	0,0%
HU1	E4_HU1_1	10 of 10	0,5	Heur8	0,88	5622,75	6780,20	0,00	12402,95	2639,3	16,7%	0,3%	0,0%	0,0%	0,0%
HU1	E4_HU1_1	10 of 10	0,5	Heur9	0,88	4524,38	5668,58	71,70	10264,6616	581	93,0%	83,2%	69,6%	51,2%	32,3%
HU1	E4_HU1_1	10 of 10	0,5	Heur10	0,88	4451,38	5103,58	884,91	10439,866	527	96,9%	91,2%	82,9%	72,6%	60,2%
HU1	E4_HU1_1	10 of 10	0,5	Heur1	0,22	2187,63	2297,18	28,74	4513,5477	459,9	58,8%	16,4%	4,1%	0,7%	0,0%
HU1	E4_HU1_1	10 of 10	0,5	Heur2	0,22	2358,63	2472,53	17,95	4849,1092	367,9	59,5%	18,2%	5,4%	1,5%	0,3%
HU1	E4_HU1_1	10 of 10	0,5	Heur3	0,22	2198,88	2297,10	24,42	4520,404	469,8	58,9%	16,8%	5,0%	1,4%	0,4%
HU1	E4_HU1_1	10 of 10	0,5	Heur1p	0,22	2338,63	2194,95	44,07	4577,6481	470,2	55,1%	14,6%	3,7%	0,8%	0,1%
HU1	E4_HU1_1	10 of 10	0,5	Heur2p	0,22	2463,50	2399,43	32,01	4894,938	389,4	57,1%	14,7%	3,8%	1,0%	0,3%
HU1	E4_HU1_1	10 of 10	0,5	Heur3p	0,22	2306,38	2233,58	33,66	4573,616	484,2	56,1%	14,4%	3,5%	1,0%	0,2%
HU1	E4_HU1_1	10 of 10	0,5	Heur4	0,22	2176,25	2318,53	257,50	4752,282	445,9	48,7%	11,4%	2,9%	1,0%	0,5%
HU1	E4_HU1_1	10 of 10	0,5	Heur5	0,22	2420,00	2475,75	204,91	5100,663	241,9	53,9%	26,5%	13,6%	6,5%	3,5%

Efectos de la complejidad y la incertidumbre sobre el ELSF

HU	E4_HU1_1	10 of 10	0,5	Heur6	0,22	2186,00	2323,73	212,55	4722,277	374,3	48,1%	16,3%	5,7%	1,9%	0,7%
HU	E4_HU1_1	10 of 10	0,5	Heur7	0,22	1228,63	4140,90	53,92	5423,4541	604,2	22,6%	0,4%	0,0%	0,0%	0,0%
HU	E4_HU1_1	10 of 10	0,5	Heur8	0,22	3737,25	3611,43	0,00	7348,68	930	0,9%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
HU	E4_HU1_1	10 of 10	0,5	Heur9	0,22	2914,75	3206,58	0,00	6121,33	405,6	87,2%	69,8%	48,9%	29,8%	15,1%
HU	E4_HU1_1	10 of 10	0,5	Heur10	0,22	2175,88	2209,90	282,80	4668,582	258,3	96,9%	91,3%	83,0%	72,7%	60,4%
HU	E4_HU1_1	10 of 10	0,5	Heur1	0,44	3022,75	3296,80	235,10	6554,649	566,2	63,3%	26,7%	11,6%	5,0%	1,8%
HU	E4_HU1_1	10 of 10	0,5	Heur2	0,44	3315,75	3551,75	113,15	6980,647	467,8	62,9%	26,3%	11,0%	4,6%	1,7%
HU	E4_HU1_1	10 of 10	0,5	Heur3	0,44	3055,75	3310,83	168,29	6534,872	579,9	63,1%	26,6%	10,9%	4,5%	1,8%
HU	E4_HU1_1	10 of 10	0,5	Heur1p	0,44	3659,63	3820,05	384,45	6864,134	623,9	56,0%	22,3%	8,3%	2,9%	1,0%
HU	E4_HU1_1	10 of 10	0	Heur2p	0,44	4002,50	2945,75	459,79	7408,042	530,8	65,3%	31,2%	14,0%	5,8%	2,4%
HU	E4_HU1_1	10 of 10	0,1	Heur3p	0,44	3770,13	2764,75	477,77	7012,647	628	57,2%	23,7%	9,6%	3,5%	1,1%
HU	E4_HU1_1	10 of 10	0,3	Heur4	0,44	2885,88	3314,10	710,94	6910,919	531,6	53,0%	19,7%	7,6%	2,8%	1,0%
HU	E4_HU1_1	10 of 10	0,5	Heur5	0,44	3300,00	3607,63	376,13	7283,755	330,7	60,8%	34,1%	17,9%	8,7%	4,4%
HU	E4_HU1_1	10 of 10	0	Heur6	0,44	3020,50	3340,23	450,50	6811,234	504,5	53,6%	21,5%	8,1%	3,0%	1,0%
HU	E4_HU1_1	10 of 10	0,1	Heur7	0,44	1964,38	4874,90	500,64	7339,918	1124	20,8%	0,5%	0,0%	0,0%	0,0%
HU	E4_HU1_1	10 of 10	0,3	Heur8	0,44	5097,38	5300,38	0,00	10397,76	1571,6	1,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
HU	E4_HU1_1	10 of 10	0,5	Heur9	0,44	3834,38	4609,65	0,00	8444,03	537,4	89,1%	72,8%	50,8%	29,5%	14,4%
HU	E4_HU1_1	10 of 10	0	Heur10	0,44	3026,50	3127,25	967,65	7121,395	360,9	95,9%	88,2%	78,1%	66,1%	52,1%
HU	E4_HU1_1	10 of 10	0,1	Heur1	0,66	3604,25	3937,43	1171,15	8712,83	575,9	68,5%	38,2%	21,3%	11,8%	6,2%
HU	E4_HU1_1	10 of 10	0,3	Heur2	0,66	3969,25	4354,00	406,39	8729,635	486,8	70,3%	41,2%	24,0%	13,9%	7,5%
HU	E4_HU1_1	10 of 10	0,5	Heur3	0,66	3681,13	4035,03	691,77	8407,927	601,6	68,9%	38,3%	20,9%	11,2%	5,8%
HU	E4_HU1_1	10 of 10	0	Heur1p	0,66	5540,38	2112,95	5154,20	12807,53	725,1	55,1%	26,1%	10,9%	4,2%	1,5%
HU	E4_HU1_1	10 of 10	0,1	Heur2p	0,66	5534,75	2830,13	2824,28	11189,16	595,3	75,4%	49,9%	27,7%	12,9%	6,0%
HU	E4_HU1_1	10 of 10	0,3	Heur3p	0,66	5519,38	2124,15	5270,80	12914,33	717,4	55,4%	26,3%	10,8%	3,9%	1,2%
HU	E4_HU1_1	10 of 10	0,5	Heur4	0,66	3406,88	4061,68	1911,50	9380,06	539,5	58,4%	29,7%	14,8%	7,4%	3,5%
HU	E4_HU1_1	10 of 10	0	Heur5	0,66	3969,50	4679,85	258,26	8907,61	634	45,0%	9,7%	2,6%	1,1%	0,5%
HU	E4_HU1_1	10 of 10	0	Heur6	0,66	3562,13	4210,48	709,77	8482,376	578,7	56,6%	27,5%	13,4%	6,7%	3,3%
HU	E4_HU1_1	10 of 10	0	Heur7	0,66	2408,38	5572,10	1966,11	9946,59	1554	18,9%	0,6%	0,0%	0,0%	0,0%
HU	E4_HU1_1	10 of 10	0	Heur8	0,66	5943,25	6589,88	0,00	12533,13	2180,8	3,3%	0,1%	0,0%	0,0%	0,0%
HU	E4_HU1_1	10 of 10	0	Heur9	0,66	4425,00	5653,85	0,12	10078,96965	616,7	87,6%	70,8%	50,6%	29,0%	13,4%
HU	E4_HU1_1	10 of 10	0	Heur10	0,66	3739,63	3909,33	1622,29	9271,25	443,6	95,1%	87,0%	76,3%	63,2%	48,3%
HU	E4_HU1_1	10 of 10	0	Heur1	0,88	3937,00	4248,50	4175,64	12361,14	527,6	71,8%	46,4%	29,8%	18,3%	10,5%
HU	E4_HU1_1	10 of 10	0	Heur2	0,88	4463,25	4835,35	1349,20	10647,8	454,5	81,7%	63,2%	47,7%	34,7%	24,2%
HU	E4_HU1_1	10 of 10	0	Heur3	0,88	4090,13	4455,73	2429,97	10975,83	552,6	74,4%	51,3%	34,4%	22,1%	13,2%
HU	E4_HU1_1	10 of 10	0	Heur1p	0,88	4665,50	2093,10	16776,50	23535,1	638,2	46,0%	15,9%	5,1%	1,6%	0,7%
HU	E4_HU1_2	10 of 10	0	Heur2p	0,88	5238,75	2350,88	12840,10	20429,73	528,5	47,0%	15,4%	6,6%	3,4%	1,8%
HU	E4_HU1_2	10 of 10	0	Heur3p	0,88	4811,50	2271,98	13992,80	21076,28	642,7	43,8%	13,6%	3,4%	0,9%	0,2%
HU	E4_HU1_2	10 of 10	0	Heur4	0,88	3593,38	4511,50	5441,45	13546,33	490,5	61,4%	35,8%	21,2%	12,0%	6,6%
HU	E4_HU1_2	10 of 10	0	Heur5	0,88	4463,50	5467,90	416,31	10347,71	480,9	65,3%	41,7%	26,0%	16,0%	10,0%
HU	E4_HU1_2	10 of 10	0	Heur6	0,88	3910,25	4846,70	2173,23	10930,18	521,4	65,6%	42,4%	27,2%	16,9%	9,8%
HU	E4_HU1_2	10 of 10	0	Heur7	0,88	2786,75	5194,90	7756,61	15738,26	1845,4	17,1%	0,8%	0,0%	0,0%	0,0%
HU	E4_HU1_2	10 of 10	0	Heur8	0,88	5371,38	7007,35	0,00	12378,73	2617,5	18,0%	0,6%	0,0%	0,0%	0,0%
HU	E4_HU1_2	10 of 10	0	Heur9	0,88	4416,38	5981,65	106,96	10504,985	561,9	89,1%	75,0%	58,3%	39,1%	22,2%
HU	E4_HU1_2	10 of 10	0	Heur10	0,88	4465,38	5032,78	1094,09	10592,25	534,6	95,3%	86,7%	75,4%	61,7%	46,2%
HU	E4_HU1_2	1 of 1	0	LowerBou	0,22				4350,910963						
HU	E4_HU1_2	1 of 1	0	LowerBou	0,22				4350,910963						
HU	E4_HU1_2	1 of 1	0	LowerBou	0,22				4350,910963						
HU	E4_HU1_2	1 of 1	0	LowerBou	0,22				4350,910963						
HU	E4_HU1_2	1 of 1	0	LowerBou	0,44				6083,320324						
HU	E4_HU1_2	1 of 1	0	LowerBou	0,44				6083,320324						
HU	E4_HU1_2	1 of 1	0	LowerBou	0,44				6083,320324						
HU	E4_HU1_2	1 of 1	0	LowerBou	0,44				6083,320324						
HU	E4_HU1_2	1 of 1	0	LowerBou	0,66				7364,039643						
HU	E4_HU1_2	1 of 1	0	LowerBou	0,66				7364,039643						
HU	E4_HU1_2	1 of 1	0	LowerBou	0,66				7364,039643						
HU	E4_HU1_2	1 of 1	0	LowerBou	0,66				7364,039643						
HU	E4_HU1_2	1 of 1	0	LowerBou	0,88				8402,220379						
HU	E4_HU1_2	1 of 1	0	LowerBou	0,88				8402,220379						



Efectos de la complejidad y la incertidumbre sobre el ELSF

HU	E4_HU2_5	10 of 10	0,1	Heur1p	0,22	2148,88	1997,23	79,6126	4225,7226	454,5	56,7%	15,0%	3,3%	0,9%	0,2%
HU	E4_HU2_5	10 of 10	0,1	Heur2p	0,22	2572,38	2650,65	5,68059	5228,71059	425,1	52,8%	6,8%	0,5%	0,0%	0,0%
HU	E4_HU2_5	10 of 10	0,1	Heur3p	0,22	2135,88	2016,15	50,8828	4202,9128	455,1	53,9%	10,1%	2,2%	0,4%	0,0%
HU	E4_HU2_5	10 of 10	0,1	Heur4	0,22	1902,25	2103,9	93,5275	4099,6775	437,8	54,7%	12,3%	2,8%	0,8%	0,1%
HU	E4_HU2_6	10 of 10	0,1	Heur5	0,22	2497,5	2697,23	16,9413	5211,6713	269	71,6%	47,2%	32,8%	21,9%	14,0%
HU	E4_HU2_6	10 of 10	0,1	Heur6	0,22	1971,25	2101,35	24,5109	4097,1109	360,7	62,7%	29,4%	11,8%	4,8%	1,5%
HU	E4_HU2_6	10 of 10	0,1	Heur7	0,22	1139,88	3804,1	108,186	5052,166	600,6	22,5%	0,2%	0,0%	0,0%	0,0%
HU	E4_HU2_6	10 of 10	0,1	Heur8	0,22	3144	2892,15	0	6036,15	682,6	56,3%	21,2%	7,4%	2,7%	0,9%
HU	E4_HU2_6	10 of 10	0,1	Heur9	0,22	3129	2879,8	0	6008,8	408,8	97,8%	93,9%	79,1%	52,5%	26,8%
HU	E4_HU2_6	10 of 10	0,1	Heur10	0,22	1979,5	2023,58	462,112	4465,192	245,7	98,9%	96,5%	92,9%	87,9%	81,9%
HU	E4_HU2_6	10 of 10	0,1	Heur1	0,44	2765,25	2986,03	337,455	6088,735	546,6	63,2%	25,2%	10,3%	4,0%	1,5%
HU	E4_HU2_6	10 of 10	0,1	Heur2	0,44	3413	3960,33	24,6132	7397,9432	475	64,1%	27,9%	14,1%	7,8%	4,2%
HU	E4_HU2_6	10 of 10	0,1	Heur3	0,44	38	3064,98	121,912	5996,272	552,4	61,4%	22,1%	8,6%	3,1%	1,1%
HU	E4_HU2_6	10 of 10	0,1	Heur1p	0,44	3239,63	2694,13	414,766	6348,526	599,6	55,3%	20,6%	7,8%	2,6%	0,8%
HU	E4_HU2_7	10 of 10	0,3	Heur2p	0,44	3726,38	3624,25	90,6799	7441,3099	552,6	58,9%	19,9%	6,7%	2,3%	0,8%
HU	E4_HU2_7	10 of 10	0,3	Heur3p	0,44	3164,88	2760,05	301,85	6226,78	599,8	57,9%	21,2%	7,4%	2,6%	0,7%
HU	E4_HU2_7	10 of 10	0,3	Heur4	0,44	2630,5	3060,38	391,131	6082,011	517,4	61,0%	25,9%	11,3%	4,7%	1,8%
HU	E4_HU2_7	10 of 10	0,3	Heur5	0,44	3477,5	4016,63	15,2284	7509,3584	379,3	73,9%	51,7%	33,8%	21,7%	14,4%
HU	E4_HU2_7	10 of 10	0,3	Heur6	0,44	2645,25	3093,83	83,8768	5822,9568	493,4	63,6%	29,8%	13,9%	7,5%	3,8%
HU	E4_HU2_7	10 of 10	0,3	Heur7	0,44	1802,38	4663,73	795,007	7261,117	1	18,9%	0,2%	0,0%	0,0%	0,0%
HU	E4_HU2_7	10 of 10	0,3	Heur8	0,44	4228,25	4230,05	0	8458,3	894,7	57,4%	24,3%	11,7%	5,5%	2,5%
HU	E4_HU2_7	10 of 10	0,3	Heur9	0,44	4172,38	4194,9	0	8367,28	548,9	98,0%	94,8%	79,6%	52,7%	27,1%
HU	E4_HU2_7	10 of 10	0,3	Heur10	0,44	2705,38	2873,3	1501,21	7079,89	338,5	98,2%	94,7%	89,2%	81,9%	73,1%
HU	E4_HU2_7	10 of 10	0,3	Heur1	0,66	3205,5	3617,9	1545,56	8368,96	557,7	70,8%	40,9%	23,4%	13,2%	6,7%
HU	E4_HU2_8	10 of 10	0,3	Heur2	0,66	4134,5	4945,73	52,8406	9133,0706	565,2	64,9%	29,7%	13,9%	6,2%	2,5%
HU	E4_HU2_8	10 of 10	0,3	Heur3	0,66	3285,63	3727,33	526,517	7539,477	606,5	69,7%	39,1%	23,6%	15,2%	9,7%
HU	E4_HU2_8	10 of 10	0,3	Heur1p	0,66	4392,38	2472,93	4065,75	10931,06	644,7	63,8%	35,6%	18,1%	8,9%	4,1%
HU	E4_HU2_8	10 of 10	0,3	Heur2p	0,66	4968,75	3351,58	1752,99	10073,32	590,2	63,0%	36,9%	19,3%	9,6%	4,7%
HU	E4_HU2_8	10 of 10	0,3	Heur3p	0,66	4119,88	2847,15	2431,68	9398,71	663,1	69,3%	40,6%	22,4%	12,1%	5,5%
HU	E4_HU2_8	10 of 10	0,3	Heur4	0,66	3126,25	3797,23	1185,3	8108,78	526,6	66,3%	37,8%	22,7%	13,6%	8,2%
HU	E4_HU2_8	10 of 10	0,3	Heur5	0,66	4176,25	5163,45	16,1461	9355,8461	523,1	67,7%	38,0%	23,2%	14,2%	8,1%
HU	E4_HU2_8	10 of 10	0,3	Heur6	0,66	3200,38	3901,05	440,734	7542,164	556,8	68,8%	41,9%	25,6%	15,5%	9,4%
HU	E4_HU2_8	10 of 10	0,3	Heur7	0,66	2282,75	4893,88	2667,04	9843,67	1536,3	18,1%	0,3%	0,0%	0,0%	0,0%
HU	E4_HU2_8	10 of 10	0,3	Heur8	0,66	4782,63	5168,85	0,0976375	9951,577638	1048	58,7%	28,7%	18,2%	12,5%	7,7%
HU	E4_HU2_9	10 of 10	0,3	Heur9	0,66	4606,63	5001,2	5,45921	9613,28921	673,1	97,9%	95,0%	91,3%	74,0%	42,7%
HU	E4_HU2_9	10 of 10	0,3	Heur10	0,66	3228,38	3651,23	2387,05	9266,66	409,8	97,7%	92,8%	85,4%	75,8%	64,0%
HU	E4_HU2_9	10 of 10	0,3	Heur1	0,88	3471,63	3864,53	6034,77	13370,93	515,9	72,6%	47,8%	31,8%	20,8%	12,1%
HU	E4_HU2_9	10 of 10	0,3	Heur2	0,88	4618,75	5454,83	336,789	10410,369	491,8	80,4%	62,0%	47,1%	35,8%	26,7%
HU	E4_HU2_9	10 of 10	0,3	Heur3	0,88	3565,88	3968,4	4657,24	12191,52	532,7	73,2%	49,3%	33,1%	22,2%	13,6%
HU	E4_HU2_9	10 of 10	0,3	Heur1p	0,88	4135,5	1908,5	21056,6	27100,6	646,5	46,4%	17,7%	6,0%	2,1%	0,5%
HU	E4_HU2_9	10 of 10	0,3	Heur2p	0,88	5039,25	2336,78	13512,5	20888,53	568	48,6%	21,0%	9,6%	4,6%	2,1%
HU	E4_HU2_9	10 of 10	0,3	Heur3p	0,88	4158,13	1952,23	20868,3	26978,66	604,6	52,8%	23,9%	9,7%	3,6%	1,1%
HU	E4_HU2_9	10 of 10	0,3	Heur4	0,88	3271,38	4191,13	5102,02	12564,53	481,4	68,6%	45,1%	29,9%	19,5%	11,8%
HU	E4_HU2_9	10 of 10	0,3	Heur5	0,88	4657,63	6340,33	13,6888	11011,6488	534,3	75,0%	52,4%	34,9%	23,2%	15,0%
HU	E4_HU2_1	10 of 10	0,3	Heur6	0,88	3246,38	4239,55	5825,51	13311,44	501,3	64,5%	38,1%	24,1%	14,9%	9,0%
HU	E4_HU2_1	10 of 10	0,3	Heur7	0,88	2552,13	4681	9082,25	16315,38	1820,6	16,7%	0,6%	0,0%	0,0%	0,0%
HU	E4_HU2_1	10 of 10	0,3	Heur8	0,88	4601,5	5550,8	115,997	10268,297	880,7	66,3%	48,4%	41,1%	33,5%	22,3%
HU	E4_HU2_1	10 of 10	0,3	Heur9	0,88	9922,5	4880,08	11997,5	26800,08	6	86,2%	71,6%	58,2%	45,3%	29,4%
HU	E4_HU2_1	10 of 10	0,3	Heur10	0,88	3807,25	4885,23	1348,75	10041,23	488,4	98,4%	94,8%	89,2%	81,8%	73,1%
HU	E4_HU2_1	10 of 10	0,3	Heur1	0,22	2031,25	2114,18	31,0074	4176,4374	447,9	57,5%	13,9%	3,0%	0,5%	0,1%
HU	E4_HU2_1	10 of 10	0,3	Heur2	0,22	2525,13	2706,6	12,0598	5243,7898	389,4	58,6%	15,7%	3,9%	1,1%	0,4%
HU	E4_HU2_1	10 of 10	0,3	Heur3	0,22	2004,13	2106,98	32,1349	4143,2449	436,2	57,7%	14,6%	3,3%	0,7%	0,1%
HU	E4_HU2_1	10 of 10	0,3	Heur1p	0,22	2113,25	2042,28	43,1935	4198,7235	456,4	55,2%	13,3%	3,2%	0,7%	0,1%
HU	E4_HU2_1	10 of 10	0,3	Heur2p	0,22	2597,5	2572,7	16,9952	5187,1952	419,2	54,1%	10,5%	1,6%	0,2%	0,0%
HU	E4_HU2_1	10 of 10	0,3	Heur3p	0,22	2152	2021,38	41,4365	4214,8165	449,7	54,7%	12,5%	2,4%	0,3%	0,1%
HU	E4_HU2_1	10 of 10	0,3	Heur4	0,22	1912	2132	158,22	4202,22	435,5	51,3%	11,2%	2,5%	0,7%	0,1%
HU	E4_HU2_1	10 of 10	0,3	Heur5	0,22	2497,5	2733,45	81,1765	5312,1265	269,5	59,6%	28,3%	12,9%	6,1%	3,4%
HU	E4_HU2_1	10 of 10	0,3	Heur6	0,22	1971,2139,78		102,46	4213,49	378,8	51,4%	18,5%	4,8%	1,5%	0,5%



Efectos de la complejidad y la incertidumbre sobre el ELSF

HU	E4_HU2_1	10 of 10	0,5	Heur2	0,44	3470,75	3937,83	123,515	7532,095	476,7	64,3%	27,5%	11,7%	4,9%	2,0%
HU	E4_HU2_1	10 of 10	0,5	Heur3	0,44	2775,63	3095,3	368,727	6239,657	529,4	63,1%	26,8%	10,8%	4,0%	1,3%
HU	E4_HU2_1	10 of 10	0,5	Heur1p	0,44	3306,5	2721,18	420,355	6448,035	607,9	54,9%	19,7%	6,8%	2,2%	0,5%
HU	E4_HU2_1	10 of 10	0	Heur2p	0,44	3973,5	3367,38	184,021	7524,901	543,5	60,3%	25,2%	9,5%	3,2%	1,0%
HU	E4_HU2_1	10 of 10	0,1	Heur3p	0,44	3259,88	2782,6	314,601	6357,081	603,1	57,8%	22,3%	7,7%	2,4%	0,6%
HU	E4_HU2_1	10 of 10	0,3	Heur4	0,44	13,3135,43	588,339	6352,899	519,1	51,5%	18,3%	6,5%	2,1%	0,6%	
HU	E4_HU2_1	10 of 10	0,5	Heur5	0,44	3435,88	4107,2	198,376	7741,456	463,7	44,9%	13,9%	4,2%	1,4%	0,6%
HU	E4_HU2_1	10 of 10	0	Heur6	0,44	2646,25	3177,33	414,369	6237,949	486,4	52,2%	19,6%	6,3%	2,1%	0,7%
HU	E4_HU2_1	10 of 10	0,1	Heur7	0,44	1777,38	4731,08	595,213	7103,673	1099,8	19,5%	0,5%	0,0%	0,0%	0,0%
HU	E4_HU2_1	10 of 10	0,3	Heur8	0,44	4207,13	4716,78	0	8923,91	894,8	56,3%	22,7%	9,3%	3,5%	1,1%
HU	E4_HU2_1	10 of 10	0,5	Heur9	0,44	4154,75	4677	0	8831,75	547,1	88,9%	74,4%	54,3%	30,4%	10,8%
HU	E4_HU2_1	10 of 10	0	Heur10	0,44	2732,38	2897	1603,67	7233,05	341,8	96,1%	88,9%	79,0%	66,7%	52,9%
HU	E4_HU2_1	10 of 10	0,1	Heur1	0,66	3241,5	3734,83	1239,47	8215,8	564,1	68,0%	37,1%	20,2%	10,5%	4,6%
HU	E4_HU2_1	10 of 10	0,3	Heur2	0,66	4103,3262	4989,63	304,171	9396,801	509	70,5%	39,2%	20,2%	10,0%	4,6%
HU	E4_HU2_1	10 of 10	0,5	Heur3	0,66	63,4395	3770,75	1232,15	8265,53	595,9	68,6%	36,8%	19,5%	10,2%	4,9%
HU	E4_HU2_1	10 of 10	0	Heur1p	0,66	5086,5	2492,6	4424,51	11312,61	646,9	61,9%	31,6%	14,6%	6,5%	2,7%
HU	E4_HU2_1	10 of 10	0,1	Heur2p	0,66	88,4175	3343,25	1589,64	10019,77	603,7	63,0%	34,7%	16,7%	7,7%	3,6%
HU	E4_HU2_1	10 of 10	0,3	Heur3p	0,66	38,3111	2912,73	2319,12	9407,23	668,3	68,1%	38,1%	20,3%	9,7%	3,8%
HU	E4_HU2_1	10 of 10	0,5	Heur4	0,66	75,4139	3897,23	1527,66	8536,64	525,8	58,2%	29,0%	14,9%	7,7%	3,8%
HU	E4_HU2_1	10 of 10	0	Heur5	0,66	63,3226	5308,7	200,91	9649,24	565,9	48,8%	16,1%	6,0%	2,0%	0,6%
HU	E4_HU2_1	10 of 10	0	Heur6	0,66	25,2246	4009,18	775,449	8010,879	561,9	56,9%	27,4%	12,9%	6,2%	3,0%
HU	E4_HU2_1	10 of 10	0	Heur7	0,66	88,4729	5051,35	2530,52	9828,75	1549,3	18,4%	0,6%	0,0%	0,0%	0,0%
HU	E4_HU2_1	10 of 10	0	Heur8	0,66	13,5811,65	0,0426	10540,8226	1024,2	57,2%	27,3%	14,7%	8,1%	3,6%	
HU	E4_HU2_1	10 of 10	0	Heur9	0,66	4484,3266	5649,2	1,41733	10134,61733	664,3	88,0%	73,1%	58,5%	38,6%	17,3%
HU	E4_HU2_1	10 of 10	0	Heur10	0,66	13,3595,03	2934,81	9795,97	415,7	95,6%	87,5%	76,4%	63,4%	48,5%	
HU	E4_HU2_1	10 of 10	0	Heur1	0,88	3541,88	3978,85	5655,39	13176,12	519,2	71,2%	45,3%	28,3%	16,4%	8,5%
HU	E4_HU2_1	10 of 10	0	Heur2	0,88	75,4563	5542,25	1205,13	11311,13	462,1	78,6%	57,0%	39,7%	26,6%	16,4%
HU	E4_HU2_1	10 of 10	0	Heur3	0,88	75,3579	4080,55	4781,55	12441,85	537	69,8%	43,7%	26,7%	16,0%	8,6%
HU	E4_HU2_1	10 of 10	0	Heur1p	0,88	63,4170	1935,8	21426	27532,43	642,2	49,2%	19,0%	6,5%	2,1%	0,5%
HU	E4_HU2_2	10 of 10	0	Heur2p	0,88	5,4999	2299,18	14469,7	21768,38	581,9	45,9%	16,3%	6,4%	2,4%	0,9%
HU	E4_HU2_2	10 of 10	0	Heur3p	0,88	25,4159	1965,3	21162,9	27287,45	602,6	49,7%	20,0%	6,9%	2,2%	0,6%
HU	E4_HU2_2	10 of 10	0	Heur4	0,88	13,3226	4276,88	6078,09	13581,1	477,1	61,6%	35,4%	20,2%	11,7%	6,5%
HU	E4_HU2_2	10 of 10	0	Heur5	0,88	4633,63	6358,3	254,964	11246,894	487,9	58,8%	35,1%	20,5%	12,2%	7,2%
HU	E4_HU2_2	10 of 10	0	Heur6	0,88	3254,2513	4364,33	5785,83	13404,16	499,1	59,8%	33,0%	18,3%	9,6%	4,6%
HU	E4_HU2_2	10 of 10	0	Heur7	0,88	25,4411	4828,4	9260,86	16602,51	3	17,1%	0,7%	0,0%	0,0%	0,0%
HU	E4_HU2_2	10 of 10	0	Heur8	0,88	63,467	6181,65	134,72	10728	841	62,0%	41,2%	29,7%	19,8%	9,4%
HU	E4_HU2_2	10 of 10	0	Heur9	0,88	75,4167	5640,45	229,501	10037,701	582,7	88,8%	73,9%	59,7%	44,5%	24,4%
HU	E4_HU2_2	10 of 10	0	Heur10	0,88	3970,38	4722,33	2043,69	10736,4	503,5	94,9%	86,1%	74,6%	61,4%	46,3%
HU	E4_HU2_2	1 of 1	0	LowerBou	0,22				3949,954315						
HU	E4_HU2_2	1 of 1	0	LowerBou	0,22				3949,954315						
HU	E4_HU2_2	1 of 1	0	LowerBou	0,22				3949,954315						
HU	E4_HU2_2	1 of 1	0	LowerBou	0,22				3949,954315						
HU	E4_HU2_2	1 of 1	0,44	LowerBou	0,44				5494,998093						
HU	E4_HU2_2	1 of 1	0,44	LowerBou	0,44				5494,998093						
HU	E4_HU2_2	1 of 1	0,44	LowerBou	0,44				5494,998093						
HU	E4_HU2_2	1 of 1	0,66	LowerBou	0,66				6615,959594						
HU	E4_HU2_2	1 of 1	0,66	LowerBou	0,66				6615,959594						
HU	E4_HU2_2	1 of 1	0,66	LowerBou	0,66				6615,959594						
HU	E4_HU2_2	1 of 1	0,88	LowerBou	0,88				7504,749303						
HU	E4_HU2_2	1 of 1	0,88	LowerBou	0,88				7504,749303						
HU	E4_HU2_2	1 of 1	0,88	LowerBou	0,88				7504,749303						
HU	E4_HU2_2	1 of 1	0,88	LowerBou	0,88				7504,749303						
HU	E4_HU3_1	1 of 1	0	Heur1	0,22	1965,2822	2281,75	50,937	4297,687	417	0,59%	0,17%	0,04%	0,01%	0,004
HU	E4_HU3_2	1 of 1	0	Heur2	0,22	5,1976	3349	12,3734	6183,8734	461	56,2%	11,5%	2,2%	0,2%	0,0%
HU	E4_HU3_3	1 of 1	0	Heur3	0,22	25,1976	2247	123,183	4346,433	413	59,3%	17,4%	8,5%	4,1%	1,2%
HU	E4_HU3_4	1 of 1	0	Heur1p	0,22	2192,2157		35,6174	4385,1174	436	54,8%	13,8%	2,5%	0,5%	0,0%



3					5																
HU	E4_HU3_3	1 of 1	0	Heur2p	0.22	2940	3215,75	30,7404	6186,4904	469	57,1%	12,2%	2,8%	0,9%	0,4%						
HU	E4_HU3_6	1 of 1	0	Heur3p	0.22	2093,75	2222,5	68,0008	4384,2508	449	53,9%	9,1%	1,8%	0,2%	0,0%						
HU	E4_HU3_7	1 of 1	0	Heur4	0.22	2016,25	2289,75	70,2589	4376,2589	402	58,2%	18,7%	4,7%	1,0%	0,0%						
HU	E4_HU3_8	1 of 1	0	Heur5	0.22	2872,5	3384,25	8,10713	6264,85713	342	69,0%	39,5%	24,9%	17,3%	9,4%						
HU	E4_HU3_9	1 of 1	0	Heur6	0.22	2095	2321,75	15,6589	4432,4089	367	62,1%	26,4%	12,3%	6,8%	3,0%						
HU	E4_HU3_10	1 of 1	0	Heur7	0.22	1200	3731,5	84,5159	5016,0159	599	22,2%	0,5%	0,0%	0,0%	0,0%						
HU	E4_HU3_11	1 of 1	0	Heur8	0.22	3552,5	3258,5	0	6811	904	33,7%	0,1%	0,0%	0,0%	0,0%						
HU	E4_HU3_12	1 of 1	0	Heur9	0.22	3306,25	3147,75	0	6454	398	98,7%	94,2%	70,4%	38,2%	12,3%						
HU	E4_HU3_13	1 of 1	0	Heur10	0.22	1967,5	2162,75	1103,08	5233,33	230	97,8%	94,3%	89,1%	83,0%	75,2%						
HU	E4_HU3_14	1 of 1	0	Heur1	0.44	2870	3320,5	678,03	6868,53	527	61,5%	22,8%	8,5%	3,8%	0,9%						
HU	E4_HU3_15	1 of 1	0	Heur2	0.44	4012,5	5174,75	30,7081	9217,9581	562	63,0%	25,4%	12,6%	3,9%	1,4%						
HU	E4_HU3_16	1 of 1	0	Heur3	0.44	2927,5	3340,5	8,37106	6276,37106	552	60,3%	20,3%	7,2%	3,4%	0,7%						
HU	E4_HU3_17	1 of 1	0	Heur1p	0.44	3320	2989,25	582,294	6891,544	555	60,4%	24,5%	8,6%	2,9%	0,7%						
HU	E4_HU3_18	1 of 1	0,1	Heur2p	0.44	4160	4771	68,8488	8999,8488	624	61,2%	21,5%	6,9%	2,2%	0,5%						
HU	E4_HU3_19	1 of 1	0,1	Heur3p	0.44	3345	3045,75	205,057	6595,807	579	61,8%	22,3%	6,9%	2,2%	0,7%						
HU	E4_HU3_20	1 of 1	0,1	Heur4	0.44	2700	3279	882,682	6861,682	477	63,9%	29,6%	10,7%	3,4%	1,3%						
HU	E4_HU3_21	1 of 1	0,1	Heur5	0.44	3962,5	5248	4,0185	9214,5185	527	66,4%	34,0%	20,5%	7,2%	0,4%						
HU	E4_HU3_22	1 of 1	0,1	Heur6	0.44	2833,75	3467,75	102,816	6404,316	493	62,9%	27,8%	13,4%	5,1%	3,2%						
HU	E4_HU3_23	1 of 1	0,1	Heur7	0.44	1793,75	4864,25	737,638	7395,638	1087	19,2%	0,5%	0,0%	0,0%	0,0%						
HU	E4_HU3_24	1 of 1	0,1	Heur8	0.44	4580	4779	0	9359	1448	27,6%	0,4%	0,0%	0,0%	0,0%						
HU	E4_HU3_25	1 of 1	0,1	Heur9	0.44	4393,75	4714,5	0	9108,25	520	100,0%	95,4%	67,9%	33,1%	11,3%						
HU	E4_HU3_26	1 of 1	0,1	Heur10	0.44	2768,75	2977,25	4036,58	9782,58	318	97,5%	93,7%	87,7%	79,6%	69,8%						
HU	E4_HU3_27	1 of 1	0,1	Heur1	0.66	3282,5	4116,25	1861,25	9260	521	72,4%	43,4%	24,4%	11,5%	5,4%						
HU	E4_HU3_28	1 of 1	0,1	Heur2	0.66	4605	6902,25	62,9136	11570,1636	647	63,4%	25,8%	11,3%	5,1%	2,0%						
HU	E4_HU3_29	1 of 1	0,1	Heur3	0.66	3307,5	4323,5	151,735	7782,735	608	67,3%	33,9%	17,9%	10,4%	6,6%						
HU	E4_HU3_30	1 of 1	0,1	Heur1p	0.66	4397,5	2993,75	3223,04	10614,29	591	68,2%	40,9%	23,2%	12,5%	4,1%						
HU	E4_HU3_31	1 of 1	0,1	Heur2p	0.66	5336,25	4808,5	1362,87	11507,62	619	68,3%	40,1%	21,8%	10,8%	5,5%						
HU	E4_HU3_32	1 of 1	0,1	Heur3p	0.66	4480	3114	3089,81	10683,81	635	69,9%	40,2%	21,9%	9,3%	3,8%						
HU	E4_HU3_33	1 of 1	0,1	Heur4	0.66	3130	4276	928,577	8334,577	503	67,2%	38,4%	20,7%	10,5%	4,8%						
HU	E4_HU3_34	1 of 1	0,1	Heur5	0.66	4788,75	7104,75	1,07	11894,57	502	82,3%	65,1%	56,0%	46,8%	37,6%						
HU	E4_HU3_35	1 of 1	0,1	Heur6	0.66	3332,5	4458,25	121,353	7912,103	541	68,6%	39,6%	21,1%	9,4%	5,4%						
HU	E4_HU3_36	1 of 1	0,1	Heur7	0.66	2150	5247,25	4228,57	11625,82	1486	16,7%	0,5%	0,0%	0,0%	0,0%						
HU	E4_HU3_37	1 of 1	0,1	Heur8	0.66	5341,25	6051,25	0	11392,5	2051	26,6%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%						
HU	E4_HU3_38	1 of 1	0,1	Heur9	0.66	4983,75	5805,75	0	10789,5	608	100,0%	93,4%	73,0%	45,6%	20,7%						
HU	E4_HU3_39	1 of 1	0,1	Heur10	0.66	3217,5	4013,5	6129,21	13360,21	374	98,1%	93,3%	85,8%	77,0%	66,6%						
HU	E4_HU3_40	1 of 1	0,1	Heur1	0.88	3660	4526,5	3789,62	11976,12	487	75,4%	53,0%	35,5%	22,4%	11,7%						
HU	E4_HU3_41	1 of 1	0,1	Heur2	0.88	5196,25	8286	31,4997	13513,7497	601	75,2%	50,2%	39,4%	31,1%	23,3%						
HU	E4_HU3_42	1 of 1	0,1	Heur3	0.88	3725	4328,25	2491,81	10545,06	488	81,4%	65,6%	51,2%	35,2%	19,1%						
HU	E4_HU3_43	1 of 1	0,1	Heur1p	0.88	4522,5	1821,75	29838,3	36182,55	595	55,6%	22,0%	9,2%	3,9%	1,2%						
HU	E4_HU3_44	1 of 1	0,1	Heur2p	0.88	5920	2441,75	20462,1	28823,85	556	72,1%	29,3%	15,3%	3,8%	0,5%						
HU	E4_HU3_45	1 of 1	0,1	Heur3p	0.88	4621,25	1993,5	27101,1	33715,85	601	62,4%	29,8%	15,1%	7,5%	2,2%						
HU	E4_HU3_46	1 of 1	0,1	Heur4	0.88	3186,25	4730,75	6425,73	14342,73	462	70,3%	45,9%	29,7%	19,5%	9,7%						
HU	E4_HU3_47	1 of 1	0,1	Heur5	0.88	5151,25	9004,75	12,9395	14168,9395	500	77,8%	59,8%	46,0%	32,2%	19,2%						
HU	E4_HU3_48	1 of 1	0,1	Heur6	0.88	3350	5042	2378,4	10770,4	464	75,2%	55,4%	42,0%	27,8%	17,5%						
HU	E4_HU3_49	1 of 1	0,1	Heur7	0.88	2327,5	5511,25	12440,9	20279,65	1812	16,1%	0,5%	0,0%	0,0%	0,0%						
HU	E4_HU3_50	1 of 1	0,1	Heur8	0.88	5010	6419,25	24,4134	11453,6634	2476	21,7%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%						
HU	E4_HU3_51	1 of 1	0,1	Heur9	0.88	4697,5	5787	216,189	10700,689	561	100,0%	98,4%	87,7%	62,0%	30,8%						
HU	E4_HU3_52	1 of 1	0,1	Heur10	0.88	3831,25	5542	4086,07	13459,32	453	99,3%	97,6%	94,5%	88,7%	81,2%						
HU	E4_HU3_53	10 of 10	0,1	Heur1	0.22	2053,75	2259,4	40,5191	4353,6691	421,9	58,1%	14,4%	3,4%	0,7%	0,2%						
HU	E4_HU3_54	10 of 10	0,1	Heur2	0.22	2913,63	3360,65	5,77526	6280,05526	492,8	53,5%	6,1%	0,5%	0,0%	0,0%						
HU	E4_HU3_55	10 of 10	0,1	Heur3	0.22	2033,13	2273,35	13,1166	4319,5966	462,1	53,3%	5,9%	0,9%	0,0%	0,0%						
HU	E4_HU3_56	10 of 10	0,1	Heur1p	0.22	2205,5	2175,3	46,0582	4426,8582	443	55,7%	12,3%	2,9%	0,7%	0,1%						
HU	E4_HU3_57	10 of 10	0,1	Heur2p	0.22	2963,75	3311,6	5,74134	6281,09134	497,4	53,3%	6,1%	0,4%	0,0%	0,0%						
HU	E4_HU3_58	10 of 10	0,1	Heur3p	0.22	2055,63	2258,43	12,8007	4326,8607	467,6	52,2%	5,0%	0,4%	0,0%	0,0%						
HU	E4_HU3_59	10 of 10	0,1	Heur4	0.22	2075	2290,78	41,4401	4407,2201	412,6	55,3%	13,3%	2,2%	0,4%	0,1%						
HU	E4_HU3_60	10 of 10	0,1	Heur5	0.22	2872,5	3403,23	9,9897	6285,7197	390,9	60,6%	25,8%	14,6%	8,4%	4,8%						
HU	E4_HU3_61	10 of 10	0,1	Heur6	0.22	2095	2319,38	35,1232	4449,5032	359,4	61,3%	25,9%	12,3%	6,0%	2,8%						

Efectos de la complejidad y la incertidumbre sobre el ELSF

HU	E4_HU3_6	10 of 10	0,1	Heur7	0,22	1185,13	3861,98	125,2	5172,31	594	21,9%	0,3%	0,0%	0,0%	0,0%
HU	E4_HU3_6	10 of 10	0,1	Heur8	0,22	3510,3321	3291,45	0	6801,45	708,9	39,8%	9,7%	1,7%	0,3%	0,0%
HU	E4_HU3_6	10 of 10	0,1	Heur9	0,22	63,2028	3214,3	0	6535,93	392	97,0%	86,9%	62,7%	32,2%	10,7%
HU	E4_HU3_6	10 of 10	0,1	Heur10	0,22	5,2871	2135,73	1212,86	5377,09	230,8	98,4%	95,2%	90,2%	84,0%	76,0%
HU	E4_HU3_6	10 of 10	0,1	Heur1	0,44	88,3967	3343,08	322,324	6537,284	520	63,9%	26,1%	10,1%	3,3%	0,9%
HU	E4_HU3_6	10 of 10	0,1	Heur2	0,44	2913,3334	5212,38	15,9424	9195,3224	612,9	58,5%	15,6%	4,0%	1,0%	0,2%
HU	E4_HU3_6	10 of 10	0,1	Heur3	0,44	25,4394	3430,7	70,6208	6414,5708	570,1	58,9%	16,8%	5,2%	1,8%	0,5%
HU	E4_HU3_6	10 of 10	0,1	Heur1p	0,44	25,4394	2978,98	474,249	6787,479	564,2	61,4%	25,0%	8,6%	2,7%	0,8%
HU	E4_HU3_7	10 of 10	0,3	Heur2p	0,44	63,4394	4241,58	116,159	8752,369	606,7	64,6%	25,9%	9,4%	3,3%	1,0%
HU	E4_HU3_7	10 of 10	0,3	Heur3p	0,44	5,2697	3043,05	356,218	6720,768	570,2	61,4%	24,1%	8,2%	2,5%	0,8%
HU	E4_HU3_7	10 of 10	0,3	Heur4	0,44	63,3992	3343,18	757,327	6798,137	485,5	61,3%	26,4%	9,9%	3,2%	0,9%
HU	E4_HU3_7	10 of 10	0,3	Heur5	0,44	5,2743	5275,4	12,2021	9280,1021	496,7	64,9%	34,0%	22,1%	13,9%	8,0%
HU	E4_HU3_7	10 of 10	0,3	Heur6	0,44	5,1847	3499	99,1532	6341,6532	482,9	63,8%	29,8%	15,0%	7,8%	4,5%
HU	E4_HU3_7	10 of 10	0,3	Heur7	0,44	88,4650	4960,2	999,439	7807,519	5	18,8%	0,3%	0,0%	0,0%	0,0%
HU	E4_HU3_7	10 of 10	0,3	Heur8	0,44	5,4448	4923,3	0	9573,8	936,8	42,2%	11,6%	3,0%	0,7%	0,2%
HU	E4_HU3_7	10 of 10	0,3	Heur9	0,44	75,2748	4827,48	0	9276,23	520,4	97,4%	85,7%	60,2%	32,2%	11,3%
HU	E4_HU3_7	10 of 10	0,3	Heur10	0,44	13,3311	3076,98	3513,44	9338,55	315,2	97,4%	92,7%	85,6%	76,4%	65,7%
HU	E4_HU3_8	10 of 10	0,3	Heur1	0,66	25,4664	4124,5	1481,13	8916,88	535	69,4%	38,5%	19,6%	9,1%	3,7%
HU	E4_HU3_8	10 of 10	0,3	Heur2	0,66	4664,3380	6946,93	49,1328	11660,0628	663,9	62,5%	24,3%	8,9%	3,0%	0,9%
HU	E4_HU3_8	10 of 10	0,3	Heur3	0,66	5,4308	4393,03	112,597	7886,127	604,6	67,5%	33,8%	17,3%	8,7%	4,2%
HU	E4_HU3_8	10 of 10	0,3	Heur1p	0,66	75,5479	3087,45	3537,96	10934,16	607,6	68,3%	38,3%	20,2%	9,0%	3,0%
HU	E4_HU3_8	10 of 10	0,3	Heur2p	0,66	25,4520	4823,35	1060,39	11362,99	620,3	69,3%	40,4%	22,0%	11,3%	5,4%
HU	E4_HU3_8	10 of 10	0,3	Heur3p	0,66	13,3165	3021,85	3473,78	11015,76	623,6	69,6%	40,7%	22,1%	10,2%	3,9%
HU	E4_HU3_8	10 of 10	0,3	Heur4	0,66	38,3365	4327,9	1256,01	8749,29	508,1	65,1%	35,8%	19,1%	9,3%	3,6%
HU	E4_HU3_8	10 of 10	0,3	Heur5	0,66	4699,3303	7112	9,28042	11820,28042	639,8	61,1%	25,9%	12,5%	4,8%	2,2%
HU	E4_HU3_8	10 of 10	0,3	Heur6	0,66	75,3303	4543,75	187,096	8034,596	530,9	68,5%	39,8%	23,2%	12,5%	6,4%
HU	E4_HU3_8	10 of 10	0,3	Heur7	0,66	2152,5222	5287,18	4479,81	11918,99	9	16,7%	0,4%	0,0%	0,0%	0,0%
HU	E4_HU3_8	10 of 10	0,3	Heur8	0,66	38,5222	6161,65	0	11384,03	9	51,0%	24,5%	13,6%	8,1%	4,1%
HU	E4_HU3_9	10 of 10	0,3	Heur9	0,66	4924,3220	5955,75	1,17931	10880,92931	605,4	97,7%	88,6%	67,0%	39,1%	16,6%
HU	E4_HU3_9	10 of 10	0,3	Heur10	0,66	75,3649	3918,18	5960,67	13099,6	380,2	97,7%	92,6%	85,3%	75,7%	64,5%
HU	E4_HU3_9	10 of 10	0,3	Heur1	0,88	25,5134	4588,55	3936,49	12174,29	490,4	75,6%	52,9%	35,5%	21,2%	11,5%
HU	E4_HU3_9	10 of 10	0,3	Heur2	0,88	63,3698	8318,18	189,904	13642,714	553	77,8%	55,3%	39,2%	27,5%	19,1%
HU	E4_HU3_9	10 of 10	0,3	Heur3	0,88	25,4511	4510,7	2881,04	11089,99	503	79,0%	59,2%	43,5%	28,9%	16,0%
HU	E4_HU3_9	10 of 10	0,3	Heur1p	0,88	88,5887	1907,08	28661,3	35080,26	596,2	55,8%	24,7%	10,4%	4,5%	1,0%
HU	E4_HU3_9	10 of 10	0,3	Heur2p	0,88	25,5887	2472,23	20329,7	28689,18	577,1	56,4%	21,8%	8,0%	3,4%	1,3%
HU	E4_HU3_9	10 of 10	0,3	Heur3p	0,88	38,4641	1981,88	26951,7	33574,96	606,6	59,7%	28,2%	14,4%	5,9%	1,6%
HU	E4_HU3_9	10 of 10	0,3	Heur4	0,88	5,3191	4784,5	5823,77	13799,77	456,2	70,0%	47,0%	31,1%	19,6%	10,5%
HU	E4_HU3_9	10 of 10	0,3	Heur5	0,88	25,5139	8901,45	16,8382	14057,5382	514,7	79,6%	62,7%	48,5%	36,7%	27,4%
HU	E4_HU3_1	10 of 10	0,3	Heur6	0,88	3338,2347	5091,6	2620,86	11050,46	465,5	74,5%	53,3%	39,0%	26,1%	14,9%
HU	E4_HU3_1	10 of 10	0,3	Heur7	0,88	75,5044	5452,23	12713,2	20513,18	7	15,3%	0,4%	0,0%	0,0%	0,0%
HU	E4_HU3_1	10 of 10	0,3	Heur8	0,88	13,4626	6681,48	10,3104	11735,9204	845,7	61,5%	42,2%	29,9%	17,6%	7,2%
HU	E4_HU3_1	10 of 10	0,3	Heur9	0,88	13,3865	6029,08	120,97	10776,18	560,9	97,8%	93,0%	79,4%	52,8%	24,8%
HU	E4_HU3_1	10 of 10	0,3	Heur10	0,88	25,2079	5445,85	3707,64	13018,74	451,2	98,3%	94,3%	88,4%	80,8%	71,5%
HU	E4_HU3_1	10 of 10	0,3	Heur1	0,22	25,2944	2292,8	28,9585	4401,0085	430,6	57,2%	13,3%	2,3%	0,3%	0,0%
HU	E4_HU3_1	10 of 10	0,3	Heur2	0,22	5,2041	3352,48	11,0423	6308,0223	470,8	56,9%	12,0%	2,3%	0,4%	0,1%
HU	E4_HU3_1	10 of 10	0,3	Heur3	0,22	75,2227	2291,53	25,12	4358,4	438,4	56,9%	12,5%	2,2%	0,4%	0,1%
HU	E4_HU3_1	10 of 10	0,3	Heur1p	0,22	25,3076	2192,7	21,1152	4441,0652	443,4	56,0%	12,4%	2,3%	0,5%	0,1%
HU	E4_HU3_1	10 of 10	0,3	Heur2p	0,22	5,2149	3103,5	18,1804	6198,1804	482,5	56,8%	12,9%	2,3%	0,2%	0,1%
HU	E4_HU3_1	10 of 10	0,3	Heur3p	0,22	88,2048	2234,2	18,8966	4402,9766	455,8	54,9%	10,5%	1,3%	0,1%	0,0%
HU	E4_HU3_1	10 of 10	0,3	Heur4	0,22	25,2048	2326,7	124,235	4499,185	406,7	51,9%	12,3%	2,4%	0,5%	0,1%
HU	E4_HU3_1	10 of 10	0,3	Heur5	0,22	2888,2095	3431,73	46,8897	6366,6197	420,3	49,4%	12,6%	4,3%	1,7%	0,7%
HU	E4_HU3_1	10 of 10	0,3	Heur6	0,22	75,1200	2350,78	86,2619	4532,7919	365,1	53,8%	18,5%	6,9%	2,6%	1,0%
HU	E4_HU3_1	10 of 10	0,3	Heur7	0,22	25,3449	3883,23	83,1583	5166,6383	596,5	21,7%	0,3%	0,0%	0,0%	0,0%
HU	E4_HU3_1	10 of 10	0,3	Heur8	0,22	75,3449	3453,75	0	6903,5	719,1	41,4%	10,8%	1,9%	0,2%	0,0%
HU	E4_HU3_1	10 of 10	0,3	Heur9	0,22	3297,2033	3390,38	0	6687,38	388,6	93,2%	78,5%	51,6%	24,0%	7,3%
HU	E4_HU3_1	10 of 10	0,3	Heur10	0,22	75,2894	2130,98	1214,63	5379,36	231,3	97,4%	93,0%	86,1%	77,9%	67,9%
HU	E4_HU3_1	10 of 10	0,3	Heur1	0,44	13,2894	3401,65	275,092	6570,872	518,2	63,9%	27,0%	10,0%	3,4%	0,8%
HU	E4_HU3_1	10 of 10	0,3	Heur2	0,44	3957,5227	5227,23	64,769	9249,249	577,2	61,8%	21,8%	6,6%	1,9%	0,6%





4	0																	
HU	E4_HU4_1	1 of 1	0	Heur8	0,22	3228,75	3262,50	0	6491,25	763	20,8%	1,7%	0,0%	0,0%	0,0%			
HU	E4_HU4_1	1 of 1	0	Heur9	0,22	3096,25	3197,75	0	6294	291	81,1%	43,0%	25,1%	14,8%	4,5%			
HU	E4_HU4_1	1 of 1	0	Heur10	0,22	1668,75	1974,25	3652,29	7295,29	174	97,7%	89,1%	79,3%	67,2%	51,7%			
HU	E4_HU4_1	1 of 1	0	Heur1	0,44	2412,5	3769,25	76,5684	6258,3184	410	63,9%	20,0%	4,4%	0,7%	0,0%			
HU	E4_HU4_1	1 of 1	0	Heur2	0,44	4075,2416	7976,5	72,8741	12124,3741	582	62,9%	23,9%	10,7%	5,3%	1,9%			
HU	E4_HU4_1	1 of 1	0	Heur3	0,44	2416,25	3836,25	4,86205	6257,36205	453	51,2%	7,9%	0,9%	0,0%	0,0%			
HU	E4_HU4_1	1 of 1	0	Heur1p	0,44	2710,4648	3617,75	31,7044	6359,4544	451	60,3%	17,5%	4,7%	0,9%	0,0%			
HU	E4_HU4_1	1 of 1	0,1	Heur2p	0,44	4648,75	6243,5	291,822	11184,072	532	72,9%	41,9%	22,9%	15,6%	11,7%			
HU	E4_HU4_1	1 of 1	0,1	Heur3p	0,44	2673,75	3631	35,473	6340,223	445	57,3%	13,0%	0,9%	0,0%	0,0%			
HU	E4_HU4_2	1 of 1	0,1	Heur4	0,44	2292,5	3807,75	69,0986	6169,3486	389	60,7%	22,1%	2,1%	0,0%	0,0%			
HU	E4_HU4_2	1 of 1	0,1	Heur5	0,44	4290,2418	8064	4,35904	12358,35904	631	58,6%	22,8%	10,9%	0,0%	0,0%			
HU	E4_HU4_2	1 of 1	0,1	Heur6	0,44	1527,75	3969,75	11,2987	6399,7987	398	52,5%	18,8%	7,5%	2,5%	1,0%			
HU	E4_HU4_2	1 of 1	0,1	Heur7	0,44	4158,5	5205,75	301,012	7034,262	1037	11,8%	0,3%	0,0%	0,0%	0,0%			
HU	E4_HU4_2	1 of 1	0,1	Heur8	0,44	3996,75	5145,5	0	9304,25	1333	19,1%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%			
HU	E4_HU4_2	1 of 1	0,1	Heur9	0,44	2122,25	5055	0	9051,25	371	80,6%	45,6%	18,3%	5,7%	0,3%			
HU	E4_HU4_2	1 of 1	0,1	Heur10	0,44	2122,5	2893	10531,7	15547,2	226	97,3%	90,3%	81,0%	70,4%	58,4%			
HU	E4_HU4_2	1 of 1	0,1	Heur1	0,66	2690,4432	5611,5	178,358	8479,858	403	71,5%	39,2%	11,2%	1,5%	0,0%			
HU	E4_HU4_2	1 of 1	0,1	Heur2	0,66	4432,5	12469	57,1735	16958,6735	586	65,9%	29,5%	11,1%	4,3%	1,4%			
HU	E4_HU4_2	1 of 1	0,1	Heur3	0,66	2753,75	5235,75	37,1916	8026,6916	414	62,1%	24,2%	10,6%	5,3%	2,4%			
HU	E4_HU4_2	1 of 1	0,1	Heur1p	0,66	3546,25	4846,25	154,238	8546,738	495	66,9%	26,9%	4,8%	0,8%	0,2%			
HU	E4_HU4_2	1 of 1	0,1	Heur2p	0,66	4982,5	10499,8	279,133	15761,433	527	74,4%	52,6%	35,7%	21,4%	9,9%			
HU	E4_HU4_2	1 of 1	0,1	Heur3p	0,66	3418,75	4610,75	216,229	8245,729	444	68,2%	29,5%	7,4%	1,4%	0,2%			
HU	E4_HU4_2	1 of 1	0,1	Heur4	0,66	2605,4712	5561,25	250,631	8416,881	390	68,5%	34,6%	11,5%	3,1%	0,3%			
HU	E4_HU4_2	1 of 1	0,1	Heur5	0,66	4712,5	12683	4,67321	17400,17321	610	73,6%	40,0%	14,8%	2,6%	0,0%			
HU	E4_HU4_2	1 of 1	0,1	Heur6	0,66	2737,5	5801	51,7243	8590,2243	401	54,6%	24,7%	11,0%	4,2%	1,5%			
HU	E4_HU4_2	1 of 1	0,1	Heur7	0,66	1671,25	5828,25	704,903	8204,403	1460	10,8%	0,1%	0,0%	0,0%	0,0%			
HU	E4_HU4_2	1 of 1	0,1	Heur8	0,66	4738,75	7144,25	0	11883	1790	6,4%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%			
HU	E4_HU4_2	1 of 1	0,1	Heur9	0,66	4516,25	6974,25	0	11490,5	410	82,2%	48,8%	21,2%	7,3%	2,0%			
HU	E4_HU4_2	1 of 1	0,1	Heur10	0,66	2382,5	3840,75	19182,2	25405,45	255	92,9%	83,9%	71,8%	57,3%	41,2%			
HU	E4_HU4_4	1 of 1	0,1	Heur1	0,88	2758,75	7771	478,837	11008,587	382	72,8%	39,3%	16,5%	4,7%	1,0%			
HU	E4_HU4_4	1 of 1	0,1	Heur2	0,88	4217,5	14914,8	186,039	19318,339	474	72,6%	45,6%	28,3%	16,9%	9,3%			
HU	E4_HU4_4	1 of 1	0,1	Heur3	0,88	2791,25	7807,25	227,876	10826,376	406	74,4%	43,1%	24,6%	11,3%	2,5%			
HU	E4_HU4_4	1 of 1	0,1	Heur1p	0,88	3848,75	2219,25	17616,1	23684,1	430	77,2%	43,7%	14,0%	2,6%	0,2%			
HU	E4_HU4_4	1 of 1	0,1	Heur2p	0,88	4675,3866	3049,25	9489,77	17214,02	424	83,5%	63,2%	40,8%	25,9%	13,2%			
HU	E4_HU4_4	1 of 1	0,1	Heur3p	0,88	3866,25	2255	15647,3	21768,55	417	79,4%	40,3%	13,9%	4,1%	0,2%			
HU	E4_HU4_4	1 of 1	0,1	Heur4	0,88	2493,75	7078,75	313,292	9885,792	345	67,0%	36,8%	15,7%	5,8%	1,7%			
HU	E4_HU4_4	1 of 1	0,1	Heur5	0,88	4518,75	18878,5	11,5585	23408,8085	466	70,6%	53,6%	30,0%	13,3%	1,3%			
HU	E4_HU4_4	1 of 1	0,1	Heur6	0,88	2660,7981	7981,25	248,331	10889,581	388	65,5%	32,5%	17,0%	8,2%	2,3%			
HU	E4_HU4_4	1 of 1	0,1	Heur7	0,88	1620,4336	5470,5	6745,17	13835,67	1816	10,1%	0,1%	0,0%	0,0%	0,0%			
HU	E4_HU4_4	1 of 1	0,1	Heur8	0,88	4336,25	8277,5	0	12613,75	2297	19,1%	0,2%	0,0%	0,0%	0,0%			
HU	E4_HU4_4	1 of 1	0,1	Heur9	0,88	4097,5	7819,75	0	11917,25	481	100,0%	70,9%	34,9%	9,1%	0,6%			
HU	E4_HU4_4	1 of 1	0,1	Heur10	0,88	2575	5592,5	16331,3	24498,8	291	97,6%	91,1%	80,8%	68,7%	54,6%			
HU	E4_HU4_3	10 of 10	0,1	Heur1	0,22	1839,3254	2301,75	7,69237	4148,44237	342,7	54,4%	9,6%	1,1%	0,1%	0,0%			
HU	E4_HU4_3	10 of 10	0,1	Heur2	0,22	1812,88	4565,48	3,33871	7823,06871	500,8	58,6%	15,9%	4,1%	1,0%	0,2%			
HU	E4_HU4_3	10 of 10	0,1	Heur3	0,22	2002,5	2335,48	2,41765	4150,77765	346,3	48,7%	6,2%	0,6%	0,0%	0,0%			
HU	E4_HU4_3	10 of 10	0,1	Heur1p	0,22	3533,5	2216,25	9,90145	4228,65145	355,1	54,5%	8,9%	0,6%	0,1%	0,0%			
HU	E4_HU4_3	10 of 10	0,1	Heur2p	0,22	1902,38	3844,8	20,0925	7398,2725	525	56,6%	13,2%	3,2%	1,0%	0,2%			
HU	E4_HU4_3	10 of 10	0,1	Heur3p	0,22	1852,75	2287,93	2,22638	4192,90638	357,7	47,7%	4,4%	0,3%	0,0%	0,0%			
HU	E4_HU4_3	10 of 10	0,1	Heur4	0,22	1852,25	2343,13	10,5281	4205,9081	319,9	52,7%	11,5%	1,0%	0,0%	0,0%			
HU	E4_HU4_3	10 of 10	0,1	Heur5	0,22	3300	4641,48	3,72091	7945,20091	415,4	55,0%	20,5%	8,4%	3,2%	1,2%			
HU	E4_HU4_3	10 of 10	0,1	Heur6	0,22	1840,1074	2338,15	20,9678	4199,1178	287,8	51,8%	15,5%	7,1%	3,8%	0,8%			
HU	E4_HU4_3	10 of 10	0,1	Heur7	0,22	3233,75	4440,63	66,3495	5581,7295	569,6	14,3%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%			
HU	E4_HU4_3	10 of 10	0,1	Heur8	0,22	3233,25	3373,2	0	6606,45	568,6	17,6%	2,2%	0,0%	0,0%	0,0%			
HU	E4_HU4_3	10 of 10	0,1	Heur9	0,22	3125,1688	3309,9	0	6434,9	288,3	79,3%	41,4%	18,8%	7,7%	1,2%			
HU	E4_HU4_3	10 of 10	0,1	Heur10	0,22	1688,75	1982,73	3447,35	7118,83	174,1	97,2%	91,0%	83,2%	73,1%	62,0%			
HU	E4_HU4_3	10 of 10	0,1	Heur1	0,44	2429,4255	3834,25	54,2029	6317,4529	420,4	61,3%	17,9%	3,0%	0,5%	0,1%			
HU	E4_HU4_3	10 of 10	0,1	Heur2	0,44	4255,75	8133,68	14,1278	12403,5578	658,4	57,9%	14,1%	2,5%	0,4%	0,0%			





HU 4	E4_HU4_1	10 of 10	0,1	Heur1	0,66	2740,13	5800,7	173,976	8714,806	429,8	69,2%	31,5%	9,3%	2,2%	0,3%
HU 4	E4_HU4_1	10 of 10	0,3	Heur2	0,66	4583,63	12635,9	182,222	17401,752	567,8	66,4%	31,1%	13,3%	5,3%	1,9%
HU 4	E4_HU4_1	10 of 10	0,5	Heur3	0,66	2777,63	5811,93	142,996	8732,556	410,6	65,1%	28,4%	8,2%	1,8%	0,3%
HU 4	E4_HU4_1	10 of 10	0	Heur1p	0,66	3494,88	5133,48	186,944	8815,304	492	67,4%	27,4%	6,3%	0,9%	0,1%
HU 4	E4_HU4_1	10 of 10	0,1	Heur2p	0,66	5102,5	10541,1	347,064	15990,664	562,3	65,0%	35,7%	17,9%	7,8%	2,7%
HU 4	E4_HU4_1	10 of 10	0,3	Heur3p	0,66	3485,5	5038,75	158,068	8682,318	456,5	66,7%	28,0%	7,0%	1,2%	0,2%
HU 4	E4_HU4_1	10 of 10	0,5	Heur4	0,66	2594,13	5705,43	300,408	8599,968	389,4	57,1%	24,2%	6,6%	1,3%	0,3%
HU 4	E4_HU4_1	10 of 10	0	Heur5	0,66	4710,63	12753,7	90,9613	17555,2913	589,9	42,9%	13,3%	3,7%	1,0%	0,3%
HU 4	E4_HU4_1	10 of 10	0	Heur6	0,66	2689,5	5921,88	107,018	8718,398	397	49,0%	17,0%	5,9%	1,9%	0,5%
HU 4	E4_HU4_1	10 of 10	0	Heur7	0,66	1651,4509	5907,18	991,758	8549,938	1471,4	10,7%	0,2%	0,0%	0,0%	0,0%
HU 4	E4_HU4_1	10 of 10	0	Heur8	0,66	5,63	8022,33	0	12531,83	783,9	12,9%	1,5%	0,1%	0,0%	0,0%
HU 4	E4_HU4_1	10 of 10	0	Heur9	0,66	4290,75	7845,38	0	12136,13	389	78,6%	40,7%	13,8%	3,2%	0,5%
HU 4	E4_HU4_1	10 of 10	0	Heur10	0,66	2367,25	3840,85	20838	27046,1	260,9	93,6%	82,7%	68,9%	53,6%	36,7%
HU 4	E4_HU4_1	10 of 10	0	Heur1	0,88	2791,63	7881,3	443,827	11116,757	371,4	71,6%	40,0%	16,7%	5,3%	1,4%
HU 4	E4_HU4_1	10 of 10	0	Heur2	0,88	4253,75	18517	518,618	23289,368	421,9	71,7%	42,7%	23,3%	12,0%	5,9%
HU 4	E4_HU4_1	10 of 10	0	Heur3	0,88	2813,5	7993,33	403,403	11210,233	389,3	74,2%	42,8%	18,5%	5,7%	1,0%
HU 4	E4_HU4_1	10 of 10	0	Heur1p	0,88	3870,63	2357,13	18047,2	24274,96	429,9	75,4%	39,6%	13,0%	2,3%	0,2%
HU 4	E4_HU4_2	10 of 10	0	Heur2p	0,88	4820,13	3171,95	9261,85	17253,93	442,9	69,3%	42,6%	25,1%	13,6%	6,6%
HU 4	E4_HU4_2	10 of 10	0	Heur3p	0,88	3855,5	2433,68	18068,9	24358,08	427,8	75,4%	39,6%	12,9%	2,5%	0,3%
HU 4	E4_HU4_2	10 of 10	0	Heur4	0,88	2484,75	7139,43	572,342	10196,522	336,4	57,8%	28,4%	11,4%	3,5%	0,9%
HU 4	E4_HU4_2	10 of 10	0	Heur5	0,88	4534,38	18588,2	144,648	23267,228	420	51,6%	25,0%	11,8%	5,3%	2,5%
HU 4	E4_HU4_2	10 of 10	0	Heur6	0,88	2623,5	8091,78	319,509	11034,789	378,2	60,3%	26,9%	11,4%	4,6%	1,4%
HU 4	E4_HU4_2	10 of 10	0	Heur7	0,88	1592,13	5863,35	6616,92	14072,4	1818	9,9%	0,2%	0,0%	0,0%	0,0%
HU 4	E4_HU4_2	10 of 10	0	Heur8	0,88	4040,25	9074,73	3,48129	13118,46129	699,5	55,0%	22,5%	6,3%	1,3%	0,2%
HU 4	E4_HU4_2	10 of 10	0	Heur9	0,88	3843,13	8728,63	3,42664	12575,18664	438,4	92,4%	60,5%	25,2%	6,2%	0,9%
HU 4	E4_HU4_2	10 of 10	0	Heur10	0,88	2608,38	5453,38	18986,1	27047,86	300	95,8%	87,6%	76,5%	63,0%	47,8%
HU 4	E4_HU4_2	1 of 1	0	LowerBou	0,22	nd	nd	nd	3714,469397	nd	nd	nd	nd	nd	nd
HU 4	E4_HU4_2	1 of 1	0	LowerBou	0,22	nd	nd	nd	3714,469397	nd	nd	nd	nd	nd	nd
HU 4	E4_HU4_2	1 of 1	0	LowerBou	0,22	nd	nd	nd	3714,469397	nd	nd	nd	nd	nd	nd
HU 4	E4_HU4_2	1 of 1	0	LowerBou	0,22	nd	nd	nd	3714,469397	nd	nd	nd	nd	nd	nd
HU 4	E4_HU4_2	1 of 1	0	LowerBou	0,44	nd	nd	nd	4884,43514	nd	nd	nd	nd	nd	nd
HU 4	E4_HU4_2	1 of 1	0	LowerBou	0,44	nd	nd	nd	4884,43514	nd	nd	nd	nd	nd	nd
HU 4	E4_HU4_2	1 of 1	0	LowerBou	0,44	nd	nd	nd	4884,43514	nd	nd	nd	nd	nd	nd
HU 4	E4_HU4_2	1 of 1	0	LowerBou	0,44	nd	nd	nd	4884,43514	nd	nd	nd	nd	nd	nd
HU 4	E4_HU4_2	1 of 1	0	LowerBou	0,66	nd	nd	nd	5474,128322	nd	nd	nd	nd	nd	nd
HU 4	E4_HU4_2	1 of 1	0	LowerBou	0,66	nd	nd	nd	5474,128322	nd	nd	nd	nd	nd	nd
HU 4	E4_HU4_2	1 of 1	0	LowerBou	0,66	nd	nd	nd	5474,128322	nd	nd	nd	nd	nd	nd
HU 4	E4_HU4_2	1 of 1	0	LowerBou	0,66	nd	nd	nd	5474,128322	nd	nd	nd	nd	nd	nd
HU 4	E4_HU4_2	1 of 1	0	LowerBou	0,88	nd	nd	nd	5635,021657	nd	nd	nd	nd	nd	nd
HU 4	E4_HU4_2	1 of 1	0	LowerBou	0,88	nd	nd	nd	5635,021657	nd	nd	nd	nd	nd	nd
HU 4	E4_HU4_2	1 of 1	0	LowerBou	0,88	nd	nd	nd	5635,021657	nd	nd	nd	nd	nd	nd
HU 4	E4_HU4_2	1 of 1	0	LowerBou	0,88	nd	nd	nd	5635,021657	nd	nd	nd	nd	nd	nd



Experimento E5

La Tabla A 5 muestra los datos de cada instancia experimento E5. Este experimento se lleva a cabo el data set HH descrito en el capítulo 5.

Tabla A 5 Resultados experimento E5

DataSet	Name	Completed	CVDemand	HEUR	Csetup	Cholding	Cnodelivery	Ctotal(H+S+N D)	Mtotal	%M1	%M2	%M3	%M4	%M5	
HH	E5_1	1 of 1	0	Heur1	0,2	1537,5	1604,75	12,25	3154,5	412	0,721	0,44	0,23	0,02	0,01
HH	E5_2	1 of 1	0	Heur2	0,2	1537,5	1604,75	12,25	3154,5	412	72,1%	44,2%	23,1%	1,7%	1,5%
HH	E5_3	1 of 1	0	Heur3	0,2	1537,5	1604,75	12,25	3154,5	412	72,1%	44,2%	23,1%	1,7%	1,5%
HH	E5_4	1 of 1	0	Heur1p	0,2	1537,5	1606,25	15,00	3158,75	528	56,3%	12,3%	1,5%	1,1%	1,1%
HH	E5_5	1 of 1	0	Heur2p	0,2	1537,5	1606,25	15,00	3158,75	528	56,3%	12,3%	1,5%	1,1%	1,1%
HH	E5_6	1 of 1	0	Heur3p	0,2	1537,5	1606,25	15,00	3158,75	528	56,3%	12,3%	1,5%	1,1%	1,1%
HH	E5_7	1 of 1	0	Heur4	0,2	1537,5	1608,00	27,00	3172,5	325	91,1%	82,2%	73,2%	64,3%	55,4%
HH	E5_8	1 of 1	0	Heur5	0,2	1537,5	1608,00	27,00	3172,5	325	91,1%	82,2%	73,2%	64,3%	55,4%
HH	E5_9	1 of 1	0	Heur6	0,2	1537,5	1608,00	27,00	3172,5	325	91,1%	82,2%	73,2%	64,3%	55,4%
HH	E5_10	1 of 1	0	Heur7	0,2	779,00	3057,50	6,50	3843	616	25,2%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
HH	E5_11	1 of 1	0	Heur8	0,2	3075,0	2480,00	0,00	5555	606	98,2%	96,7%	96,7%	96,7%	96,7%
HH	E5_12	1 of 1	0	Heur9	0,2	3075,0	2480,00	0,00	5555	595	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%
HH	E5_13	1 of 1	0	Heur10	0,2	1578,5	1600,25	174,00	3352,75	300	99,7%	99,3%	98,3%	96,3%	93,7%
HH	E5_14	1 of 1	0	Heur1	0,4	2152,5	2293,00	8,25	4453,75	489	85,1%	70,1%	55,2%	40,3%	31,9%
HH	E5_15	1 of 1	0	Heur2	0,4	2152,5	2293,00	8,25	4453,75	489	85,1%	70,1%	55,2%	40,3%	31,9%
HH	E5_16	1 of 1	0	Heur3	0,4	2152,5	2293,00	8,25	4453,75	489	85,1%	70,1%	55,2%	40,3%	31,9%
HH	E5_17	1 of 1	0	Heur1p	0,4	2255,0	2078,00	723,50	5056,5	620	70,3%	40,3%	31,6%	17,3%	8,5%
HH	E5_18	1 of 1	0	Heur2p	0,4	2255,0	2078,00	723,50	5056,5	620	70,3%	40,3%	31,6%	17,3%	8,5%
HH	E5_19	1 of 1	0	Heur3p	0,4	2255,0	2078,00	723,50	5056,5	620	70,3%	40,3%	31,6%	17,3%	8,5%
HH	E5_20	1 of 1	0	Heur4	0,4	2152,5	2322,75	18,38	4493,625	458	90,8%	81,7%	72,5%	63,3%	54,4%
HH	E5_21	1 of 1	0	Heur5	0,4	2152,5	2322,75	18,38	4493,625	458	90,8%	81,7%	72,5%	63,3%	54,4%
HH	E5_22	1 of 1	0	Heur6	0,4	2152,5	2322,75	18,38	4493,625	458	90,8%	81,7%	72,5%	63,3%	54,4%
HH	E5_23	1 of 1	0	Heur7	0,4	1148,0	4177,00	0,00	5325	1119	20,1%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
HH	E5_24	1 of 1	0	Heur8	0,4	4264,0	3544,75	0,00	7808,75	1750	47,5%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
HH	E5_25	1 of 1	0	Heur9	0,4	4264,0	3544,75	0,00	7808,75	829	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%
HH	E5_26	1 of 1	0	Heur10	0,4	2203,7	2459,75	379,13	5042,625	426	99,8%	99,1%	98,1%	95,8%	91,3%
HH	E5_27	1 of 1	0	Heur1	0,6	2624,0	2778,25	22,00	5424,25	551	90,9%	81,9%	72,8%	63,7%	54,6%
HH	E5_28	1 of 1	0	Heur2	0,6	2624,0	2778,25	22,00	5424,25	551	90,9%	81,9%	72,8%	63,7%	54,6%
HH	E5_29	1 of 1	0	Heur3	0,6	2624,0	2778,25	22,00	5424,25	551	90,9%	81,9%	72,8%	63,7%	54,6%
HH	E5_30	1 of 1	0	Heur1p	0,6	3280,0	1737,50	4280,00	9297,5	626	100,0%	100,0%	100,0%	1,0%	0,8%
HH	E5_31	1 of 1	0	Heur2p	0,6	3280,0	1737,50	4280,00	9297,5	626	100,0%	100,0%	100,0%	1,0%	0,8%
HH	E5_32	1 of 1	0	Heur3p	0,6	3280,0	1737,50	4280,00	9297,5	626	100,0%	100,0%	100,0%	1,0%	0,8%
HH	E5_33	1 of 1	0	Heur4	0,6	2593,2	2916,75	0,00	5510	604	83,1%	66,2%	50,0%	33,9%	25,7%
HH	E5_34	1 of 1	0	Heur5	0,6	2593,2	2916,75	0,00	5510	604	83,1%	66,2%	50,0%	33,9%	25,7%
HH	E5_35	1 of 1	0	Heur6	0,6	2593,2	2916,75	0,00	5510	604	83,1%	66,2%	50,0%	33,9%	25,7%
HH	E5_36	1 of 1	0	Heur7	0,6	1742,5	4237,00	0,00	5979,5	1669	20,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
HH	E5_37	1 of 1	0	Heur8	0,6	5186,5	4467,50	0,00	9654	2317	43,3%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
HH	E5_38	1 of 1	0	Heur9	0,6	5176,2	4480,50	0,00	9656,75	999	99,6%	99,2%	99,1%	99,0%	98,9%
HH	E5_39	1 of 1	0	Heur10	0,6	2654,7	3345,50	759,13	6759,375	514	100,0%	93,8%	87,0%	79,0%	70,2%
HH	E5_40	1 of 1	0	Heur1	0,8	3003,2	3248,25	10,88	6262,375	629	90,9%	81,9%	72,8%	63,8%	54,7%
HH	E5_41	1 of 1	0	Heur2	0,8	3003,2	3248,25	10,88	6262,375	629	90,9%	81,9%	72,8%	63,8%	54,7%
HH	E5_42	1 of 1	0	Heur3	0,8	3003,2	3248,25	10,88	6262,375	629	90,9%	81,9%	72,8%	63,8%	54,7%
HH	E5_43	1 of 1	0	Heur1p	0,8	3280,0	1301,50	16280,00	20861,5	1243	50,0%	0,5%	0,4%	0,3%	0,2%
HH	E5_44	1 of 1	0	Heur2p	0,8	3280,0	1301,50	16280,00	20861,5	1243	50,0%	0,5%	0,4%	0,3%	0,2%
HH	E5_45	1 of 1	0	Heur3p	0,8	3280,0	1301,50	16280,00	20861,5	1243	50,0%	0,5%	0,4%	0,3%	0,2%
HH	E5_46	1 of 1	0	Heur4	0,8	2982,7	3511,75	0,00	6494,5	690	83,8%	67,5%	51,2%	34,8%	26,5%
HH	E5_47	1 of 1	0	Heur5	0,8	2982,7	3511,75	0,00	6494,5	690	83,8%	67,5%	51,2%	34,8%	26,5%
HH	E5_48	1 of 1	0	Heur6	0,8	2982,7	3511,75	0,00	6494,5	690	83,8%	67,5%	51,2%	34,8%	26,5%
HH	E5_49	1 of 1	0	Heur7	0,8	1640,0	4537,50	4960,00	11137,5	1887	16,7%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%









Experimento E6

La Tabla A 6 muestra los datos de cada instancia experimento E6. Este experimento se lleva a cabo el data set de Bomberger y los niveles de inventario inicial descritos en el capítulo 5

Tabla A 6 Resultados experimento E6

Inv. Ini	Name	Completed	CVDemand	HEUR	Utilization	Csetup	Cholding	Cnondelivery	Ctotal(H+S+ND)	Mtotal	%M1	%M2	%M3	%M4	%M5
50	E6_50_1	1 of 1	0	Heur1	0,22	1980,00	2191,00	137,84	4308,838	402	60,7%	19,7%	4,7%	0,5%	0,0%
50	E6_50_2	1 of 1	0	Heur2	0,22	2717,50	2991,25	6,25	5715,00415	400	57,0%	17,8%	2,8%	0,0%	0,0%
50	E6_50_3	1 of 1	0	Heur3	0,22	2015,00	2216,50	7,70	4239,19905	441	54,6%	8,6%	1,8%	0,5%	0,0%
50	E6_50_4	1 of 1	0	Heur1p	0,22	2240,00	2029,00	93,70	4362,7009	434	58,3%	15,4%	4,1%	0,7%	0,0%
50	E6_50_5	1 of 1	0	Heur2p	0,22	2750,00	2997,00	6,25	5753,25415	426	52,8%	10,3%	0,9%	0,0%	0,0%
50	E6_50_6	1 of 1	0	Heur3p	0,22	2016,25	2205,75	28,45	4250,4539	462	52,2%	4,1%	0,6%	0,0%	0,0%
50	E6_50_7	1 of 1	0	Heur4	0,22	1946,25	2200,75	275,46	4422,456	401	58,6%	16,5%	3,7%	0,7%	0,5%
50	E6_50_8	1 of 1	0	Heur5	0,22	2640,00	3033,25	1,29	5674,53618	295	83,1%	67,1%	59,0%	50,5%	42,0%
50	E6_50_9	1 of 1	0	Heur6	0,22	2002,50	2190,50	29,97	4222,9656	336	67,9%	32,4%	16,4%	8,0%	4,2%
50	E6_50_10	1 of 1	0	Heur7	0,22	1086,25	3899,00	649,98	5635,227	585	21,2%	0,2%	0,0%	0,0%	0,0%
50	E6_50_11	1 of 1	0	Heur8	0,22	3118,75	2928,50	0,00	6047,25	871	34,8%	1,7%	0,0%	0,0%	0,0%
50	E6_50_12	1 of 1	0	Heur9	0,22	3035,00	2900,25	0,00	5935,25	382	100,0%	89,5%	72,8%	46,6%	18,8%
50	E6_50_13	1 of 1	0	Heur10	0,22	1986,25	2116,75	647,26	4750,255	230	99,1%	96,1%	92,6%	87,8%	82,6%
50	E6_50_14	1 of 1	0	Heur1	0,44	2778,75	3113,00	953,02	6844,767	488	66,4%	30,9%	14,1%	6,8%	2,5%
50	E6_50_15	1 of 1	0	Heur2	0,44	3662,50	4527,25	31,98	8221,7271	569	58,7%	17,2%	4,4%	0,5%	0,0%
50	E6_50_16	1 of 1	0	Heur3	0,44	2887,50	3161,75	275,31	6324,559	474	68,8%	35,9%	23,6%	13,7%	8,0%
50	E6_50_17	1 of 1	0	Heur1p	0,44	3278,75	2910,00	380,19	6568,941	564	61,9%	22,7%	7,8%	2,3%	0,5%
50	E6_50_18	1 of 1	0	Heur2p	0,44	3938,75	4375,00	47,81	8361,5598	557	62,8%	25,7%	8,1%	1,8%	0,5%
50	E6_50_19	1 of 1	0	Heur3p	0,44	3002,50	3119,50	84,97	6206,9739	588	58,7%	18,5%	5,8%	1,5%	0,3%
50	E6_50_20	1 of 1	0	Heur4	0,44	2693,75	3273,50	278,61	6245,856	505	64,6%	26,5%	11,5%	6,1%	2,0%
50	E6_50_21	1 of 1	0	Heur5	0,44	3662,50	4578,25	2,37	8243,12206	434	76,5%	53,9%	38,7%	31,1%	23,5%
50	E6_50_22	1 of 1	0	Heur6	0,44	2727,50	3268,25	54,75	6050,5026	458	68,3%	35,6%	22,5%	14,0%	8,3%
50	E6_50_23	1 of 1	0	Heur7	0,44	1767,50	4324,25	2371,16	8462,91	1082	17,7%	0,1%	0,0%	0,0%	0,0%
50	E6_50_24	1 of 1	0	Heur8	0,44	4295,00	4281,75	0,00	8576,75	1442	26,4%	1,2%	0,0%	0,0%	0,0%
50	E6_50_25	1 of 1	0	Heur9	0,44	4136,25	4214,25	0,00	8350,5	509	100,0%	95,1%	74,1%	43,2%	16,3%
50	E6_50_26	1 of 1	0	Heur10	0,44	2765,00	2993,25	2160,58	7918,83	319	99,4%	97,5%	94,4%	90,3%	85,0%
50	E6_50_27	1 of 1	0	Heur1	0,66	3286,25	4057,25	1070,23	8413,73	529	72,8%	42,7%	22,7%	11,7%	5,1%
50	E6_50_28	1 of 1	0	Heur2	0,66	4400,00	5829,50	66,70	10296,199	540	71,1%	43,3%	22,6%	15,6%	8,7%
50	E6_50_29	1 of 1	0	Heur3	0,66	3348,75	3976,50	361,52	7686,771	541	71,0%	41,2%	24,6%	15,7%	10,4%
50	E6_50_30	1 of 1	0	Heur1p	0,66	4520,00	2896,50	2694,90	10111,4	618	60,5%	35,6%	18,1%	5,8%	1,8%
50	E6_50_31	1 of 1	0	Heur2p	0,66	5358,75	4178,50	761,91	10299,158	591	74,1%	47,4%	28,3%	15,4%	7,3%
50	E6_50_32	1 of 1	0	Heur3p	0,66	4700,00	2712,50	3743,71	11156,21	630	60,5%	31,4%	15,2%	5,6%	1,6%
50	E6_50_33	1 of 1	0	Heur4	0,66	3198,75	4144,50	616,07	7959,321	513	70,2%	39,6%	22,8%	13,1%	6,4%
50	E6_50_34	1 of 1	0	Heur5	0,66	4400,00	5975,75	6,79	10382,54038	512	72,9%	50,0%	30,5%	15,2%	7,4%
50	E6_50_35	1 of 1	0	Heur6	0,66	3302,50	4223,00	68,03	7593,5255	540	68,1%	37,6%	23,9%	15,2%	7,6%
50	E6_50_36	1 of 1	0	Heur7	0,66	2212,50	5330,50	2594,17	10137,17	1519	16,4%	0,5%	0,0%	0,0%	0,0%
50	E6_50_37	1 of 1	0	Heur8	0,66	5095,00	5462,00	0,00	10557	1949	27,8%	0,2%	0,0%	0,0%	0,0%
50	E6_50_38	1 of 1	0	Heur9	0,66	4948,75	5359,75	0,00	10308,5	596	100,0%	89,9%	75,0%	46,5%	23,8%
50	E6_50_39	1 of 1	0	Heur10	0,66	4948,75	5359,75	0,00	10308,5	596	100,0%	89,9%	75,0%	46,5%	23,8%
50	E6_50_40	1 of 1	0	Heur1	0,88	3487,50	4336,00	6380,22	14203,72	497	66,6%	37,0%	18,7%	8,2%	3,6%
50	E6_50_41	1 of 1	0	Heur2	0,88	4942,50	5185,00	376,56	10504,055	500	78,4%	65,4%	54,0%	44,4%	37,8%
50	E6_50_42	1 of 1	0	Heur3	0,88	3533,75	4246,00	4646,55	12426,3	472	72,7%	50,8%	34,3%	19,7%	8,3%
50	E6_50_43	1 of 1	0	Heur1p	0,88	4506,25	2140,25	19965,20	26611,7	608	51,5%	20,7%	8,7%	3,8%	1,2%
50	E6_50_44	1 of 1	0	Heur2p	0,88	5352,50	2736,50	12843,80	20932,8	556	54,3%	27,3%	13,1%	6,1%	2,2%
50	E6_50_45	1 of 1	0	Heur3p	0,88	4583,75	2102,75	20099,00	26785,5	623	51,7%	20,9%	7,9%	3,9%	1,6%
50	E6_50_46	1 of 1	0	Heur4	0,88	3282,50	4509,00	6485,90	14277,4	443	62,1%	35,0%	19,6%	9,7%	3,8%
50	E6_50_47	1 of 1	0	Heur5	0,88	4926,25	7510,25	10,75	12447,2511	483	89,4%	79,5%	69,4%	60,5%	51,6%
50	E6_50_48	1 of 1	0	Heur6	0,88	3280,00	4589,50	5218,70	13088,2	440	68,4%	44,3%	28,9%	17,0%	7,7%
50	E6_50_49	1 of 1	0	Heur7	0,88	2498,75	5159,50	9750,01	17408,26	1836	15,6%	0,3%	0,0%	0,0%	0,0%
50	E6_50_50	1 of 1	0	Heur8	0,88	4653,75	5742,50	6,39	10402,63694	2423	21,0%	0,2%	0,0%	0,0%	0,0%
50	E6_50_51	1 of 1	0	Heur9	0,88	5185,00	4701,75	687,83	10574,584	571	99,8%	99,1%	92,1%	69,7%	38,9%
50	E6_50_52	1 of 1	0	Heur10	0,88	3838,75	5432,25	1647,96	10918,96	449	98,9%	96,0%	92,7%	88,6%	83,5%
50	E6_50_53	10 of 10	0,1	Heur1	0,22	1989,88	2207,03	79,44	4276,3474	420,2	58,8%	15,2%	2,9%	0,5%	0,0%
50	E6_50_54	10 of 10	0,1	Heur2	0,22	2754,50	3000,13	10,93	5765,5642	411,4	60,719%	####	4,837%	0,924%	0,243%
50	E6_50_55	10 of 10	0,1	Heur3	0,22	2010,63	2224,88	7,40	4242,90906	435,7	55,9%	10,5%	1,7%	0,3%	0,1%
50	E6_50_56	10 of 10	0,1	Heur1p	0,22	2171,13	2094,10	71,98	4337,2139	435,2	56,3%	13,9%	2,8%	0,5%	0,0%
50	E6_50_57	10 of 10	0,1	Heur2p	0,22	2767,50	2906,28	15,11	5688,8899	446	56,8%	12,6%	2,3%	0,5%	0,1%

50	E6_50_58	10 of 10	0,1	Heur3p	0,22	2067,75	2179,73	16,09	4263,5661	440,2	55,7%	11,2%	2,3%	0,4%	0,0%
50	E6_50_59	10 of 10	0,1	Heur4	0,22	1952,25	2210,88	261,63	4424,756	392,9	57,4%	16,7%	4,4%	1,3%	0,6%
50	E6_50_60	10 of 10	0,1	Heur5	0,22	2640,00	3053,40	9,01	5702,41339	321,2	62,4%	31,6%	19,1%	11,8%	6,8%
50	E6_50_61	10 of 10	0,1	Heur6	0,22	2002,50	2205,95	38,19	4246,6447	317,6	64,9%	30,9%	16,0%	8,1%	2,8%
50	E6_50_62	10 of 10	0,1	Heur7	0,22	1088,50	4036,23	117,18	5241,906	588	20,6%	0,3%	0,0%	0,0%	0,0%
50	E6_50_63	10 of 10	0,1	Heur8	0,22	3207,13	3066,60	0,00	6273,73	858,9	33,1%	2,4%	0,0%	0,0%	0,0%
50	E6_50_64	10 of 10	0,1	Heur9	0,22	3080,00	3015,70	0,00	6095,7	381,3	97,3%	84,9%	62,1%	34,3%	14,5%
50	E6_50_65	10 of 10	0,1	Heur10	0,22	1963,88	2112,48	685,83	4762,194	230,4	98,9%	96,5%	92,3%	86,0%	78,1%
50	E6_50_66	10 of 10	0,1	Heur1	0,44	2786,88	3172,03	772,15	6731,059	510,5	64,0%	26,2%	10,4%	3,6%	0,9%
50	E6_50_67	10 of 10	0,1	Heur2	0,44	3707,75	4576,75	23,23	8307,7338	558,8	60,6%	20,2%	7,1%	2,2%	0,7%
50	E6_50_68	10 of 10	0,1	Heur3	0,44	2892,50	3270,65	73,87	6237,0214	547	61,2%	20,6%	7,1%	2,3%	0,7%
50	E6_50_69	10 of 10	0,1	Heur1p	0,44	3173,38	2967,83	286,42	6427,628	570,6	60,0%	22,8%	8,3%	2,6%	0,6%
50	E6_50_70	10 of 10	0,1	Heur2p	0,44	4113,63	3730,28	186,97	8030,875	570,7	64,7%	27,5%	11,1%	4,0%	1,3%
50	E6_50_71	10 of 10	0,1	Heur3p	0,44	3189,25	2962,68	385,54	6537,471	567,1	60,7%	22,9%	8,1%	2,6%	0,5%
50	E6_50_72	10 of 10	0,1	Heur4	0,44	2691,63	3297,05	265,54	6254,219	498,1	61,4%	24,3%	10,7%	4,9%	1,9%
50	E6_50_73	10 of 10	0,1	Heur5	0,44	3662,50	4612,88	13,26	8288,6366	435,1	67,1%	37,8%	20,9%	13,2%	8,0%
50	E6_50_74	10 of 10	0,1	Heur6	0,44	2736,50	3293,23	79,05	6108,7839	453,3	65,8%	31,4%	17,0%	9,9%	4,8%
50	E6_50_75	10 of 10	0,1	Heur7	0,44	1769,00	4531,80	1493,89	7794,69	1085,3	18,6%	0,4%	0,0%	0,0%	0,0%
50	E6_50_76	10 of 10	0,1	Heur8	0,44	4362,88	4511,00	0,00	8873,88	1445,1	27,6%	0,9%	0,0%	0,0%	0,0%
50	E6_50_77	10 of 10	0,1	Heur9	0,44	4195,75	4404,70	0,00	8600,45	514,2	97,4%	86,1%	63,3%	35,6%	15,3%
50	E6_50_78	10 of 10	0,1	Heur10	0,44	2784,38	3064,78	1819,98	7669,14	316,8	98,1%	94,8%	89,7%	83,3%	75,4%
50	E6_50_79	10 of 10	0,1	Heur1	0,66	3295,50	4012,68	1102,63	8410,81	537,4	69,5%	37,7%	19,6%	9,3%	3,7%
50	E6_50_80	10 of 10	0,1	Heur2	0,66	4403,25	5882,10	47,27	10332,618	603,6	65,2%	29,4%	13,3%	6,1%	3,0%
50	E6_50_81	10 of 10	0,1	Heur3	0,66	3349,25	4026,65	429,72	7805,619	539,8	71,2%	41,3%	23,7%	13,4%	6,7%
50	E6_50_82	10 of 10	0,1	Heur1p	0,66	4483,13	2914,78	3334,53	10732,44	618,8	60,0%	33,2%	15,5%	5,3%	1,4%
50	E6_50_83	10 of 10	0,1	Heur2p	0,66	5413,38	4023,38	811,88	10248,635	597,5	69,2%	41,9%	23,1%	11,9%	5,8%
50	E6_50_84	10 of 10	0,1	Heur3p	0,66	4714,75	2819,10	3000,97	10534,82	626	59,6%	32,6%	15,4%	5,5%	1,3%
50	E6_50_85	10 of 10	0,1	Heur4	0,66	3197,50	4180,05	491,87	7869,417	507,2	66,8%	36,2%	20,4%	10,9%	5,2%
50	E6_50_86	10 of 10	0,1	Heur5	0,66	4400,00	6060,60	13,65	10474,2519	522,3	68,1%	42,0%	22,2%	9,7%	3,5%
50	E6_50_87	10 of 10	0,1	Heur6	0,66	3281,63	4215,10	224,90	7721,627	523,3	67,2%	37,3%	23,0%	14,0%	6,2%
50	E6_50_88	10 of 10	0,1	Heur7	0,66	2186,88	5371,30	2758,23	10316,41	1520,5	16,4%	0,4%	0,0%	0,0%	0,0%
50	E6_50_89	10 of 10	0,1	Heur8	0,66	4846,38	5506,10	0,00	10352,48	1930,2	26,5%	0,2%	0,0%	0,0%	0,0%
50	E6_50_90	10 of 10	0,1	Heur9	0,66	4662,25	5385,08	5,44	10052,76781	567	98,0%	86,9%	67,2%	41,4%	19,6%
50	E6_50_91	10 of 10	0,1	Heur10	0,66	3266,25	3861,88	3354,31	10482,44	383,5	98,3%	94,1%	87,9%	79,9%	70,5%
50	E6_50_92	10 of 10	0,1	Heur1	0,88	3491,88	4322,23	6224,85	14038,96	491,6	68,1%	41,2%	24,2%	12,4%	5,6%
50	E6_50_93	10 of 10	0,1	Heur2	0,88	4910,63	6910,35	216,98	12037,964	527,8	77,3%	55,3%	38,8%	27,2%	18,7%
50	E6_50_94	10 of 10	0,1	Heur3	0,88	3544,88	4271,58	4956,67	12773,13	485,7	73,6%	49,8%	32,5%	18,8%	9,2%
50	E6_50_95	10 of 10	0,1	Heur1p	0,88	4399,88	2127,48	21047,90	27575,26	600,3	50,5%	20,6%	7,9%	2,9%	0,8%
50	E6_50_96	10 of 10	0,1	Heur2p	0,88	5306,25	2698,50	12655,20	20659,95	560,9	53,2%	24,2%	11,4%	5,0%	1,9%
50	E6_50_97	10 of 10	0,1	Heur3p	0,88	4527,00	2601,58	21154,80	27743,38	605,2	51,2%	20,8%	7,8%	3,3%	1,1%
50	E6_50_98	10 of 10	0,1	Heur4	0,88	3200,25	4558,73	7228,81	14987,79	444,3	62,4%	34,7%	19,6%	10,0%	4,8%
50	E6_50_99	10 of 10	0,1	Heur5	0,88	4892,75	7550,38	20,93	12464,0592	527,1	75,6%	56,1%	39,8%	27,8%	18,2%
50	E6_50_100	10 of 10	0,1	Heur6	0,88	3356,25	4679,03	4893,30	12928,58	450,4	64,9%	39,6%	24,8%	14,3%	6,9%
50	E6_50_101	10 of 10	0,1	Heur7	0,88	2451,00	5163,10	9577,05	17191,15	1827,7	15,7%	0,5%	0,0%	0,0%	0,0%
50	E6_50_102	10 of 10	0,1	Heur8	0,88	4670,13	5946,60	15,52	10632,2547	2417,6	20,7%	0,2%	0,0%	0,0%	0,0%
50	E6_50_103	10 of 10	0,1	Heur9	0,88	4644,13	5150,23	421,43	10215,791	534,7	97,3%	92,8%	81,4%	57,2%	28,7%
50	E6_50_104	10 of 10	0,1	Heur10	0,88	3840,71	5373,36	2062,39	11276,46	458,286	98,5%	95,4%	90,6%	84,4%	76,5%
50	E6_50_105	10 of 10	0,3	Heur1	0,22	1983,00	2230,88	72,21	4286,0873	423	57,7%	13,8%	2,9%	0,6%	0,1%
50	E6_50_106	10 of 10	0,3	Heur2	0,22	2709,00	3006,58	12,20	5727,78	419	60,6%	19,1%	4,9%	1,1%	0,4%
50	E6_50_107	10 of 10	0,3	Heur3	0,22	2019,50	2227,95	48,35	4295,7981	428,5	57,6%	13,3%	2,7%	0,5%	0,1%
50	E6_50_108	10 of 10	0,3	Heur1p	0,22	2168,25	2111,60	77,20	4357,0507	434,4	55,1%	12,6%	3,2%	0,8%	0,1%
50	E6_50_109	10 of 10	0,3	Heur2p	0,22	2818,88	2778,70	22,27	5619,8525	447,3	58,2%	15,1%	2,9%	0,5%	0,1%
50	E6_50_110	10 of 10	0,3	Heur3p	0,22	2126,00	2156,08	49,14	4331,2162	442,9	55,6%	12,2%	2,2%	0,2%	0,1%
50	E6_50_111	10 of 10	0,3	Heur4	0,22	1953,25	2231,25	291,39	4475,893	395,1	52,9%	13,7%	3,6%	1,1%	0,5%
50	E6_50_112	10 of 10	0,3	Heur5	0,22	2663,25	3082,70	34,09	5780,0378	346,2	47,4%	15,0%	5,1%	2,1%	1,1%
50	E6_50_113	10 of 10	0,3	Heur6	0,22	2002,50	2231,95	107,70	4342,148	325,1	57,3%	23,3%	10,0%	4,0%	1,7%
50	E6_50_114	10 of 10	0,3	Heur7	0,22	1097,13	4032,05	98,55	5227,7325	589,3	20,9%	0,3%	0,0%	0,0%	0,0%
50	E6_50_115	10 of 10	0,3	Heur8	0,22	3193,88	3227,60	0,00	6421,48	853,9	34,2%	2,2%	0,0%	0,0%	0,0%
50	E6_50_116	10 of 10	0,3	Heur9	0,22	3079,75	3182,55	0,00	6262,3	379,3	93,2%	78,0%	52,4%	25,8%	9,6%
50	E6_50_117	10 of 10	0,3	Heur10	0,22	1954,38	2113,78	709,43	4777,589	229,5	97,5%	93,2%	87,1%	79,4%	70,2%
50	E6_50_118	10 of 10	0,3	Heur1	0,44	2779,25	3242,78	412,96	6434,991	517,1	63,7%	25,6%	10,1%	3,5%	0,9%
50	E6_50_119	10 of 10	0,3	Heur2	0,44	3703,38	4542,55	60,91	8306,8365	538,2	63,7%	24,3%	8,2%	2,7%	0,7%
50	E6_50_120	10 of 10	0,3	Heur3	0,44	2859,25	3253,70	299,91	6412,863	525,4	63,0%	24,4%	9,3%	3,4%	1,2%
50	E6_50_121	10 of 10	0,3	Heur1p	0,44	3248,75	2927,68	282,29	6458,715	570	60,1%	23,4%	7,8%	2,1%	0,4%
50	E6_50_122	10 of 10	0,3	Heur2p	0,44	4136,63	3750,28	168,07	8054,979	563,5	66,0%	29,4%	11,8%	4,4%	1,3%
50	E6_50_123	10 of 10	0,3	Heur3p	0,44	3257,38	2945,03	348,65	6551,059	568,8	61,0%	23,7%	7,8%	2,4%	0,7%
50	E6_50_124	10 of 10	0,3	Heur4	0,44	2692,75	3346,25	295,02	6334,024	495,4	57,3%	20,5%	8,4%	3,3%	1,3%
50	E6_50_125	10 of 10	0,3	Heur5	0,44	3670,25	4678,93	58,30	8407,4821	486,6	51,2%	16,8%	6,0%	2,6%	1,0%
50	E6_50_126	10 of 10	0,3	Heur6	0,44	2742,25	3332,25	150,05	6224,551	441,2	59,5%	23,9%	10,5%	4,7%	1,7%
50	E6_50_127	10 of 10	0,3	Heur7	0,44	1751,00	4615,13	1042,56	7408,69	1092	19,1%	0,5%	0,0%	0,0%	0,0%

Efectos de la complejidad y la incertidumbre sobre el ELSF

50	E6_50_128	10 of 10	0,3	Heur8	0,44	4348,63	4776,03	0,00	9124,66	1440,2	28,2%	1,0%	0,0%	0,0%	0,0%
50	E6_50_129	10 of 10	0,3	Heur9	0,44	4155,75	4682,78	0,00	8838,53	508,5	92,6%	77,9%	52,9%	26,5%	9,3%
50	E6_50_130	10 of 10	0,3	Heur10	0,44	2759,25	3050,70	2073,31	7883,26	317,1	97,4%	92,2%	84,9%	75,5%	64,3%
50	E6_50_131	10 of 10	0,3	Heur1	0,66	3298,25	4000,68	1401,37	8700,3	528,9	69,3%	38,1%	20,2%	9,8%	3,8%
50	E6_50_132	10 of 10	0,3	Heur2	0,66	4362,25	5882,38	189,09	10433,721	564,6	67,7%	34,2%	16,2%	7,7%	3,1%
50	E6_50_133	10 of 10	0,3	Heur3	0,66	3334,88	4031,03	902,43	8268,335	539,6	69,5%	38,3%	20,1%	9,5%	3,4%
50	E6_50_134	10 of 10	0,3	Heur1p	0,66	4497,38	2936,45	3074,52	10508,35	624,9	59,2%	31,3%	13,9%	4,4%	1,2%
50	E6_50_135	10 of 10	0,3	Heur2p	0,66	5361,75	4058,53	732,14	10152,416	602,9	66,2%	37,4%	19,3%	9,3%	4,2%
50	E6_50_136	10 of 10	0,3	Heur3p	0,66	4711,38	2838,60	3376,88	10926,86	628,2	59,4%	31,9%	15,0%	5,3%	1,7%
50	E6_50_137	10 of 10	0,3	Heur4	0,66	3183,63	4250,68	626,09	8060,399	503,1	62,3%	32,0%	16,9%	7,9%	3,1%
50	E6_50_138	10 of 10	0,3	Heur5	0,66	4400,00	6209,73	67,53	10677,2625	566	51,3%	19,0%	6,0%	1,8%	0,5%
50	E6_50_139	10 of 10	0,3	Heur6	0,66	3262,75	4266,33	438,28	7967,357	516,2	61,9%	31,0%	16,9%	8,9%	3,6%
50	E6_50_140	10 of 10	0,3	Heur7	0,66	2202,88	5391,00	2684,66	10278,54	1524,9	16,7%	0,5%	0,0%	0,0%	0,0%
50	E6_50_141	10 of 10	0,3	Heur8	0,66	4810,75	5870,83	0,00	10681,58	1937,7	25,9%	0,5%	0,0%	0,0%	0,0%
50	E6_50_142	10 of 10	0,3	Heur9	0,66	4606,63	5729,28	0,76	10336,67118	562,5	92,9%	78,6%	55,8%	29,6%	11,0%
50	E6_50_143	10 of 10	0,3	Heur10	0,66	3237,19	3784,75	3838,26	10860,2	383,5	97,5%	91,9%	84,0%	73,8%	61,6%
50	E6_50_144	10 of 10	0,3	Heur1	0,88	3496,75	4377,60	6023,19	13897,54	493,2	69,0%	41,3%	24,0%	12,6%	5,6%
50	E6_50_145	10 of 10	0,3	Heur2	0,88	4759,75	6794,53	579,25	12133,532	492,8	77,7%	55,2%	37,7%	24,7%	15,3%
50	E6_50_146	10 of 10	0,3	Heur3	0,88	3586,63	4340,50	5084,07	13011,2	492,1	70,9%	45,2%	27,7%	14,9%	6,7%
50	E6_50_147	10 of 10	0,3	Heur1p	0,88	4367,63	2136,35	21662,00	28165,98	597,3	49,8%	19,3%	7,3%	2,7%	0,9%
50	E6_50_148	10 of 10	0,3	Heur2p	0,88	5315,25	2690,35	12928,60	20934,2	564,6	52,0%	22,6%	9,5%	4,0%	1,4%
50	E6_50_149	10 of 10	0,3	Heur3p	0,88	4527,88	2069,45	21189,10	27786,43	602,3	49,0%	18,4%	6,7%	2,7%	0,7%
50	E6_50_150	10 of 10	0,3	Heur4	0,88	3215,50	4634,33	7021,90	14871,73	446,5	61,7%	34,0%	18,9%	9,2%	3,9%
50	E6_50_151	10 of 10	0,3	Heur5	0,88	4862,00	7585,55	100,37	12547,915	510,4	62,1%	37,9%	22,6%	13,5%	8,0%
50	E6_50_152	10 of 10	0,3	Heur6	0,88	3320,50	4742,13	4914,93	12977,56	450,1	63,2%	37,2%	22,5%	12,2%	5,2%
50	E6_50_153	10 of 10	0,3	Heur7	0,88	2417,13	5281,28	9763,30	17461,71	1827,7	15,6%	0,5%	0,0%	0,0%	0,0%
50	E6_50_154	10 of 10	0,3	Heur8	0,88	4596,38	6337,08	23,71	10957,1741	2409,4	21,0%	0,5%	0,0%	0,0%	0,0%
50	E6_50_155	10 of 10	0,3	Heur9	0,88	4344,00	5892,35	148,90	10385,252	509,6	93,5%	83,8%	66,2%	41,3%	17,9%
50	E6_50_156	10 of 10	0,3	Heur10	0,88	3898,33	5208,38	2665,42	11772,13	462,333	96,4%	90,1%	81,2%	70,0%	57,2%
50	E6_50_157	10 of 10	0,5	Heur1	0,22	1994,88	2239,68	60,49	4295,0504	420,5	58,3%	15,6%	3,4%	0,6%	0,1%
50	E6_50_158	10 of 10	0,5	Heur2	0,22	2700,50	3020,05	16,55	5737,0994	423,3	60,4%	18,7%	4,7%	1,1%	0,4%
50	E6_50_159	10 of 10	0,5	Heur3	0,22	2022,75	2240,90	37,97	4301,618	428,8	57,6%	14,2%	2,5%	0,4%	0,0%
50	E6_50_160	10 of 10	0,5	Heur1p	0,22	2153,63	2149,88	45,07	4348,5847	439,8	55,3%	13,0%	2,8%	0,6%	0,1%
50	E6_50_161	10 of 10	0,5	Heur2p	0,22	2869,00	2823,48	18,69	5711,1693	451,5	58,1%	15,4%	3,2%	0,6%	0,1%
50	E6_50_162	10 of 10	0,5	Heur3p	0,22	2163,13	2151,55	56,56	4371,242	439,4	56,7%	14,6%	2,8%	0,5%	0,0%
50	E6_50_163	10 of 10	0,5	Heur4	0,22	1947,50	2240,90	421,32	4609,723	397,5	50,0%	12,5%	3,0%	1,1%	0,5%
50	E6_50_164	10 of 10	0,5	Heur5	0,22	2663,25	3087,10	109,66	5860,006	350,4	41,4%	13,5%	4,5%	1,9%	1,0%
50	E6_50_165	10 of 10	0,5	Heur6	0,22	2002,50	2248,10	246,61	4497,214	328,9	50,5%	18,1%	6,5%	2,6%	1,2%
50	E6_50_166	10 of 10	0,5	Heur7	0,22	1134,00	4032,70	69,25	5235,9456	595,3	21,1%	0,4%	0,0%	0,0%	0,0%
50	E6_50_167	10 of 10	0,5	Heur8	0,22	3212,50	3392,50	0,00	6605	853,4	34,2%	2,5%	0,0%	0,0%	0,0%
50	E6_50_168	10 of 10	0,5	Heur9	0,22	3093,75	3342,30	0,00	6436,05	380,5	89,3%	70,9%	45,5%	21,7%	7,4%
50	E6_50_169	10 of 10	0,5	Heur10	0,22	1973,63	2102,78	781,30	4857,71	232,4	96,9%	91,3%	83,4%	73,2%	61,7%
50	E6_50_170	10 of 10	0,5	Heur1	0,44	2819,63	3292,65	327,95	6440,228	526,5	63,0%	24,9%	9,4%	3,5%	1,0%
50	E6_50_171	10 of 10	0,5	Heur2	0,44	3717,50	4548,93	115,36	8381,792	532,5	63,8%	25,9%	10,0%	3,7%	1,3%
50	E6_50_172	10 of 10	0,5	Heur3	0,44	2826,25	3281,23	342,65	6450,129	521,1	63,1%	25,7%	9,9%	3,6%	1,2%
50	E6_50_173	10 of 10	0,5	Heur1p	0,44	3223,13	2991,03	347,96	6562,122	580,3	59,6%	22,7%	7,3%	1,9%	0,3%
50	E6_50_174	10 of 10	0,5	Heur2p	0,44	4191,38	3727,38	196,79	8115,552	569,9	65,5%	29,1%	11,2%	4,0%	1,2%
50	E6_50_175	10 of 10	0,5	Heur3p	0,44	3247,88	2978,75	386,44	6613,072	576,2	59,4%	22,2%	7,1%	1,8%	0,2%
50	E6_50_176	10 of 10	0,5	Heur4	0,44	2691,75	3367,63	496,59	6555,969	492,2	53,2%	18,8%	7,2%	2,4%	0,7%
50	E6_50_177	10 of 10	0,5	Heur5	0,44	3685,75	4687,78	151,12	8524,648	503,8	45,6%	12,9%	3,9%	1,4%	0,5%
50	E6_50_178	10 of 10	0,5	Heur6	0,44	2745,25	3361,65	355,02	6461,92	453,2	55,3%	20,5%	7,9%	3,0%	1,1%
50	E6_50_179	10 of 10	0,5	Heur7	0,44	1807,75	4633,53	871,20	7312,48	1108,5	19,0%	0,5%	0,0%	0,0%	0,0%
50	E6_50_180	10 of 10	0,5	Heur8	0,44	4317,25	5031,58	0,00	9348,83	1445,7	27,9%	1,2%	0,0%	0,0%	0,0%
50	E6_50_181	10 of 10	0,5	Heur9	0,44	4148,61	4954,75	0,00	9103,36	508,444	89,2%	71,4%	45,5%	21,2%	7,0%
50	E6_50_182	10 of 10	0,5	Heur10	0,44	2714,00	3026,73	2419,98	8160,71	318,7	96,0%	89,3%	79,9%	68,8%	55,9%
50	E6_50_183	10 of 10	0,5	Heur1	0,66	3326,88	4050,25	1287,85	8664,98	532,1	67,2%	35,7%	18,1%	8,5%	3,7%
50	E6_50_184	10 of 10	0,5	Heur2	0,66	4343,00	5810,55	334,21	10487,757	540,6	68,5%	36,6%	18,1%	8,5%	3,8%
50	E6_50_185	10 of 10	0,5	Heur3	0,66	3352,38	4032,90	1165,59	8550,87	536,2	68,4%	37,3%	19,5%	9,0%	3,3%
50	E6_50_186	10 of 10	0,5	Heur1p	0,66	4530,38	2967,43	3234,79	10732,6	623,1	59,9%	31,9%	14,3%	4,8%	1,1%
50	E6_50_187	10 of 10	0,5	Heur2p	0,66	5473,38	4044,45	801,41	10319,235	607,3	66,6%	38,0%	19,2%	8,8%	4,1%
50	E6_50_188	10 of 10	0,5	Heur3p	0,66	4804,38	2846,45	3353,79	11004,62	628,5	59,2%	31,1%	13,8%	4,8%	1,1%
50	E6_50_189	10 of 10	0,5	Heur4	0,66	3204,88	4295,23	909,70	8409,813	502,3	56,5%	26,4%	12,8%	5,6%	2,3%
50	E6_50_190	10 of 10	0,5	Heur5	0,66	4400,00	6207,85	161,12	10768,97	588,7	46,2%	15,0%	3,8%	1,0%	0,3%
50	E6_50_191	10 of 10	0,5	Heur6	0,66	3262,25	4289,03	820,09	8371,369	514,4	56,8%	26,3%	12,2%	5,5%	2,3%
50	E6_50_192	10 of 10	0,5	Heur7	0,66	2204,75	5402,15	2667,54	10274,44	1535,8	16,9%	0,5%	0,0%	0,0%	0,0%
50	E6_50_193	10 of 10	0,5	Heur8	0,66	4791,25	6203,98	0,00	10995,23	1958,4	25,2%	0,8%	0,0%	0,0%	0,0%
50	E6_50_194	10 of 10	0,5	Heur9	0,66	4621,13	6109,18	0,22	10730,52566	560	89,5%	71,9%	46,9%	22,6%	8,0%
50	E6_50_195	10 of 10	0,5	Heur10	0,66	3267,81	3809,00	4336,36	11413,17	383,25	96,5%	89,8%	80,1%	67,8%	53,7%
50	E6_50_196	10 of 10	0,5	Heur1	0,88	3540,13	4399,25	5660,33	13599,71	492	69,7%	43,0%	25,2%	13,4%	6,1%
50	E6_50_197	10 of 10	0,5	Heur2	0,88	4743,88	6720,68	970,30	12434,857	476	75,7%	52,0%	34,1%	21,6%	13,4%



50	E6_50_198	10 of 10	0,5	Heur3	0,88	3600,88	4364,63	5669,48	13634,99	485,4	71,4%	45,1%	26,9%	14,4%	5,9%
50	E6_50_199	10 of 10	0,5	Heur1p	0,88	4392,13	2128,05	21687,10	28207,28	600,7	49,5%	18,9%	6,8%	2,4%	0,6%
50	E6_50_200	10 of 10	0,5	Heur2p	0,88	5350,75	2708,25	13098,90	21157,9	562,2	53,0%	22,7%	9,8%	4,0%	1,3%
50	E6_50_201	10 of 10	0,5	Heur3p	0,88	4544,00	2020,05	22382,10	28946,15	607,2	48,8%	18,6%	6,7%	2,8%	0,8%
50	E6_50_202	10 of 10	0,5	Heur4	0,88	3179,50	4668,30	7512,32	15360,12	442	59,9%	31,5%	16,1%	7,0%	2,6%
50	E6_50_203	10 of 10	0,5	Heur5	0,88	4810,13	7534,25	274,57	12618,948	484	57,6%	33,3%	18,8%	10,6%	6,2%
50	E6_50_204	10 of 10	0,5	Heur6	0,88	3330,50	4783,65	5406,36	13520,51	449	59,3%	33,0%	18,2%	9,0%	4,1%
50	E6_50_205	10 of 10	0,5	Heur7	0,88	2455,38	5366,38	9059,16	16880,92	1849,6	15,7%	0,6%	0,0%	0,0%	0,0%
50	E6_50_206	10 of 10	0,5	Heur8	0,88	4525,25	6669,00	87,45	11281,6995	2402,9	20,7%	0,6%	0,0%	0,0%	0,0%
50	E6_50_207	10 of 10	0,5	Heur9	0,88	4255,63	6362,18	131,69	10749,496	495,7	90,5%	76,9%	56,5%	32,4%	13,3%
50	E6_50_208	10 of 10	0,5	Heur10	0,88	3970,89	5072,54	3277,30	12320,73	465,429	94,7%	86,0%	74,4%	61,3%	46,4%
50	E6_50_209	1 of 1	0	LowerBound	0,22				4074						
50	E6_50_210	1 of 1	0,1	LowerBound	0,22				4074						
50	E6_50_211	1 of 1	0,3	LowerBound	0,22				4074						
50	E6_50_212	1 of 1	0,5	LowerBound	0,22				4074						
50	E6_50_213	1 of 1	0	LowerBound	0,44				5636						
50	E6_50_214	1 of 1	0,1	LowerBound	0,44				5636						
50	E6_50_215	1 of 1	0,3	LowerBound	0,44				5636						
50	E6_50_216	1 of 1	0,5	LowerBound	0,44				5636						
50	E6_50_217	1 of 1	0	LowerBound	0,66				6744						
50	E6_50_218	1 of 1	0,1	LowerBound	0,66				6744						
50	E6_50_219	1 of 1	0,3	LowerBound	0,66				6744						
50	E6_50_220	1 of 1	0,5	LowerBound	0,66				6744						
50	E6_50_221	1 of 1	0	LowerBound	0,88				7588						
50	E6_50_222	1 of 1	0,1	LowerBound	0,88				7588						
50	E6_50_223	1 of 1	0,3	LowerBound	0,88				7588						
50	E6_50_224	1 of 1	0,5	LowerBound	0,88				7588						
150	E6_50_1	1 of 1	0	Heur1	0,22	0,00	89845,00	16702,80	106547,8	26	0,61538	0,2308	0,0385	0	0
150	E6_50_2	1 of 1	0	Heur2	0,22	2642,5	3016,25	4,0059	5662,7559	417	56,1%	12,0%	0,0%	0,0%	0,0%
150	E6_50_3	1 of 1	0	Heur3	0,22	2050	2147,75	35,1968	4232,9468	400	58,8%	17,0%	7,5%	3,3%	0,0%
150	E6_50_4	1 of 1	0	Heur1p	0,22	2153,75	2082,5	98,9657	4335,2157	432	54,9%	11,3%	1,4%	0,2%	0,0%
150	E6_50_5	1 of 1	0	Heur2p	0,22	2672,5	2998,75	4,0059	5675,2559	414	57,5%	14,3%	1,9%	0,7%	0,0%
150	E6_50_6	1 of 1	0	Heur3p	0,22	2067,5	2167,5	7,00636	4242,00636	424	56,4%	12,5%	3,8%	0,2%	0,0%
150	E6_50_7	1 of 1	0	Heur4	0,22	1946,25	2199,75	309,14	4455,14	407	57,2%	14,7%	3,2%	0,2%	0,0%
150	E6_50_8	1 of 1	0	Heur5	0,22	2640	3035,5	1,4145	5676,9145	332	67,2%	39,5%	22,0%	7,8%	0,6%
150	E6_50_9	1 of 1	0	Heur6	0,22	2002,5	2201,25	23,0859	4226,8359	348	64,9%	30,5%	14,4%	8,3%	5,2%
150	E6_50_10	1 of 1	0	Heur7	0,22	1137,5	3840	713,21	5690,71	571	20,5%	0,2%	0,0%	0,0%	0,0%
150	E6_50_11	1 of 1	0	Heur8	0,22	3226,25	2929,75	0	6156	601	48,9%	19,3%	7,5%	3,0%	0,0%
150	E6_50_12	1 of 1	0	Heur9	0,22	3138,75	2897	0	6035,75	378	100,0%	85,7%	67,7%	45,2%	23,0%
150	E6_50_13	1 of 1	0	Heur10	0,22	1993,75	2100,5	674,762	4769,012	226	98,2%	95,1%	90,7%	83,6%	74,8%
150	E6_50_14	1 of 1	0	Heur1	0,44	2746,25	3080,5	1044,39	6871,14	489	65,2%	28,2%	12,7%	5,3%	1,8%
150	E6_50_15	1 of 1	0	Heur2	0,44	3727,5	4525,25	30,0484	8282,7984	476	67,0%	33,6%	18,7%	5,0%	2,9%
150	E6_50_16	1 of 1	0	Heur3	0,44	2788,75	3154,75	120,663	6064,163	472	66,9%	33,1%	15,9%	9,1%	4,7%
150	E6_50_17	1 of 1	0	Heur1p	0,44	3248,75	2894,75	282,966	6426,196	566	59,7%	21,2%	5,8%	0,9%	0,0%
150	E6_50_18	1 of 1	0	Heur2p	0,44	3865	4199	67,8093	8131,8093	544	61,9%	23,0%	8,3%	2,2%	0,9%
150	E6_50_19	1 of 1	0	Heur3p	0,44	3178,75	2844,5	615,8	6639,05	546	60,6%	25,6%	9,3%	3,1%	0,4%
150	E6_50_20	1 of 1	0	Heur4	0,44	2695	3264,5	299,775	6259,275	514	59,5%	21,4%	9,3%	4,3%	1,8%
150	E6_50_21	1 of 1	0	Heur5	0,44	3727,5	4576	4,714	8308,214	395	81,0%	64,1%	55,4%	46,8%	38,5%
150	E6_50_22	1 of 1	0	Heur6	0,44	2763,75	3260,25	57,2035	6081,2035	489	63,4%	29,0%	12,7%	7,0%	4,9%
150	E6_50_23	1 of 1	0	Heur7	0,44	1740	4348	2631,65	8719,65	1044	18,2%	0,4%	0,0%	0,0%	0,0%
150	E6_50_24	1 of 1	0	Heur8	0,44	4427,5	4374,25	0	8801,75	792	46,5%	16,2%	4,3%	1,0%	0,6%
150	E6_50_25	1 of 1	0	Heur9	0,44	4108,75	4200	0	8308,75	504	100,0%	94,4%	75,0%	43,3%	17,9%
150	E6_50_26	1 of 1	0	Heur10	0,44	2857,5	3061,75	1759,81	7679,06	317	99,1%	97,5%	93,1%	85,8%	77,3%
150	E6_50_27	1 of 1	0	Heur1	0,66	3342,5	4053	583,344	7978,844	512	72,7%	43,8%	27,3%	15,4%	7,6%
150	E6_50_28	1 of 1	0	Heur2	0,66	4412,5	5870,25	26,9211	10309,6711	555	66,5%	33,9%	18,0%	9,7%	4,7%
150	E6_50_29	1 of 1	0	Heur3	0,66	3318,75	3940,5	195,786	7455,036	548	67,0%	35,8%	20,6%	12,0%	6,6%
150	E6_50_30	1 of 1	0	Heur1p	0,66	4481,25	3000,75	2405,84	9887,84	616	61,2%	30,2%	13,1%	4,2%	0,5%
150	E6_50_31	1 of 1	0	Heur2p	0,66	5583,75	3944	676,968	10204,718	584	69,3%	41,8%	23,6%	14,2%	7,5%
150	E6_50_32	1 of 1	0	Heur3p	0,66	4466,25	2968,75	3557,33	10992,33	616	61,5%	32,5%	17,5%	6,5%	1,8%
150	E6_50_33	1 of 1	0	Heur4	0,66	3183,75	4109,75	861,464	8154,964	515	66,2%	35,5%	18,8%	10,1%	4,7%
150	E6_50_34	1 of 1	0	Heur5	0,66	4400	5974,75	2,8635	10377,6135	429	88,1%	77,6%	67,4%	57,8%	49,2%
150	E6_50_35	1 of 1	0	Heur6	0,66	3260	4173	231,211	7664,211	512	68,4%	40,2%	24,0%	14,1%	7,2%
150	E6_50_36	1 of 1	0	Heur7	0,66	2165	5139,75	3862,14	11166,89	1495	16,6%	0,3%	0,0%	0,0%	0,0%
150	E6_50_37	1 of 1	0	Heur8	0,66	5237,5	5502,25	0	10739,75	862	63,2%	38,2%	25,1%	19,7%	14,8%
150	E6_50_38	1 of 1	0	Heur9	0,66	4815	5269	0	10084	577	100,0%	89,6%	73,0%	48,0%	25,6%
150	E6_50_39	1 of 1	0	Heur10	0,66	3257,5	3885,25	3251,7	10394,45	372	98,9%	96,2%	91,1%	84,1%	74,7%
150	E6_50_40	1 of 1	0	Heur1	0,88	3488,75	4290,25	6730,97	14509,97	482	70,7%	44,0%	27,0%	16,4%	8,3%
150	E6_50_41	1 of 1	0	Heur2	0,88	4842,5	5806,75	105,774	10755,024	470	80,9%	62,3%	51,5%	40,6%	31,5%
150	E6_50_42	1 of 1	0	Heur3	0,88	3520	4222,5	5581,8	13324,3	476	72,9%	47,7%	30,5%	16,2%	6,3%
150	E6_50_43	1 of 1	0	Heur1p	0,88	4417,5	2109,25	20721,6	27248,35	594	50,3%	19,2%	8,4%	2,9%	0,8%

Efectos de la complejidad y la incertidumbre sobre el ELSF

150	E6_50_44	1 of 1	0	Heur2p	0,88	5553,75	2666	13133,5	21353,25	547	54,3%	23,6%	10,4%	4,4%	2,2%
150	E6_50_45	1 of 1	0	Heur3p	0,88	4438,75	2053,75	22521,7	29014,2	598	57,2%	27,6%	11,2%	4,5%	1,2%
150	E6_50_46	1 of 1	0	Heur4	0,88	3200	4601	6449,18	14250,18	454	60,8%	34,4%	20,0%	10,6%	5,9%
150	E6_50_47	1 of 1	0	Heur5	0,88	4930	7542,75	2,89438	12475,64438	520	80,4%	62,7%	45,4%	30,0%	14,8%
150	E6_50_48	1 of 1	0	Heur6	0,88	3281,25	4655,75	4810,71	12747,71	463	67,0%	40,6%	24,4%	12,7%	5,2%
150	E6_50_49	1 of 1	0	Heur7	0,88	2352,5	5104	10463,6	17920,1	1794	15,4%	0,6%	0,1%	0,0%	0,0%
150	E6_50_50	1 of 1	0	Heur8	0,88	4766,25	5813	33,1468	10612,3968	628	79,1%	59,7%	44,3%	30,1%	17,5%
150	E6_50_51	1 of 1	0	Heur9	0,88	4847,5	4665,5	965,166	10478,166	543	100,0%	98,0%	90,2%	65,6%	35,2%
150	E6_50_52	1 of 1	0	Heur10	0,88	3843,75	5513,5	1640,2	10997,45	437	99,5%	98,2%	96,3%	92,7%	89,0%
150	E6_50_53	10 of 10	0,1	Heur1	0,22	2025,25	2170,55	70,3588	4266,1588	408,7	57,8%	14,3%	2,9%	0,4%	0,1%
150	E6_50_54	10 of 10	0,1	Heur2	0,22	2643,75	3023,63	9,45189	5676,83189	418,2	57,8%	13,6%	1,8%	0,1%	0,0%
150	E6_50_55	10 of 10	0,1	Heur3	0,22	2046,5	2192,5	11,4627	4250,4627	411,9	58,0%	14,7%	3,2%	0,6%	0,0%
150	E6_50_56	10 of 10	0,1	Heur1p	0,22	2142,75	2091,2	60,59	4294,54	429,1	55,1%	12,0%	2,3%	0,3%	0,0%
150	E6_50_57	10 of 10	0,1	Heur2p	0,22	2747,25	2925,98	11,4724	5684,7024	439,1	55,6%	9,9%	1,8%	0,3%	0,0%
150	E6_50_58	10 of 10	0,1	Heur3p	0,22	2126,75	2147,2	39,6665	4313,6165	429	55,3%	11,4%	2,9%	0,8%	0,1%
150	E6_50_59	10 of 10	0,1	Heur4	0,22	1946,25	2212,9	294,579	4453,729	404,5	54,6%	12,4%	2,6%	0,5%	0,1%
150	E6_50_60	10 of 10	0,1	Heur5	0,22	2640	3052,88	10,7269	5703,6069	324,6	60,3%	27,7%	14,4%	6,9%	3,2%
150	E6_50_61	10 of 10	0,1	Heur6	0,22	2003,25	2214,08	25,3333	4242,6633	356,6	59,6%	23,3%	10,9%	5,7%	2,8%
150	E6_50_62	10 of 10	0,1	Heur7	0,22	1198,5	3945,23	140,939	5284,669	579,9	20,3%	0,1%	0,0%	0,0%	0,0%
150	E6_50_63	10 of 10	0,1	Heur8	0,22	3294,25	3071,23	0	6365,48	663,6	42,4%	13,0%	2,5%	0,1%	0,0%
150	E6_50_64	10 of 10	0,1	Heur9	0,22	3172,63	3010,68	0	6183,31	378	97,3%	85,8%	62,8%	34,2%	12,5%
150	E6_50_65	10 of 10	0,1	Heur10	0,22	1953,25	2091,1	666,385	4710,735	224,2	98,7%	96,2%	91,5%	85,1%	77,6%
150	E6_50_66	10 of 10	0,1	Heur1	0,44	2778,75	3141,03	870,242	6790,022	495,8	64,6%	27,2%	11,5%	4,9%	1,6%
150	E6_50_67	10 of 10	0,1	Heur2	0,44	3726,13	4547	30,5402	8303,6702	528,1	61,0%	21,1%	7,5%	2,8%	1,1%
150	E6_50_68	10 of 10	0,1	Heur3	0,44	2790	3242,43	111,15	6143,58	513	62,7%	24,4%	11,4%	5,7%	2,6%
150	E6_50_69	10 of 10	0,1	Heur1p	0,44	3206,38	2905,83	287,084	6399,294	561,9	60,4%	22,7%	7,8%	2,4%	0,6%
150	E6_50_70	10 of 10	0,1	Heur2p	0,44	4090,75	3715,3	223,644	8029,694	550,9	64,6%	27,0%	10,5%	4,1%	1,4%
150	E6_50_71	10 of 10	0,1	Heur3p	0,44	3144,5	2936,13	347,688	6428,318	557,5	60,2%	22,7%	8,1%	2,6%	0,7%
150	E6_50_72	10 of 10	0,1	Heur4	0,44	2700	3286,63	278,506	6265,136	512,9	57,4%	19,6%	7,8%	3,0%	0,8%
150	E6_50_73	10 of 10	0,1	Heur5	0,44	3727,5	4602,1	16,5769	8346,1769	422,8	67,7%	39,8%	23,0%	14,8%	9,0%
150	E6_50_74	10 of 10	0,1	Heur6	0,44	2761,75	3293,95	63,9885	6119,6885	497,2	60,5%	24,7%	11,3%	6,4%	3,6%
150	E6_50_75	10 of 10	0,1	Heur7	0,44	1807,38	4494,45	1690,69	7992,52	1059,1	18,2%	0,3%	0,0%	0,0%	0,0%
150	E6_50_76	10 of 10	0,1	Heur8	0,44	4381,25	4509,05	0	8890,3	841,8	45,9%	16,0%	4,5%	1,2%	0,3%
150	E6_50_77	10 of 10	0,1	Heur9	0,44	4203,75	4405,15	0	8608,9	507,7	97,3%	85,2%	63,0%	36,3%	14,1%
150	E6_50_78	10 of 10	0,1	Heur10	0,44	2686,5	3043,75	1988,38	7718,63	310,9	98,1%	94,6%	89,3%	82,1%	73,5%
150	E6_50_79	10 of 10	0,1	Heur1	0,66	3318,5	4013,05	963,155	8294,705	522,3	69,8%	38,5%	20,8%	10,2%	4,1%
150	E6_50_80	10 of 10	0,1	Heur2	0,66	4396,13	5924,38	58,4583	10378,9683	571,1	66,0%	31,3%	15,8%	7,2%	2,9%
150	E6_50_81	10 of 10	0,1	Heur3	0,66	3344,25	4008,93	377,314	7730,494	537,3	70,2%	39,1%	22,4%	12,8%	6,8%
150	E6_50_82	10 of 10	0,1	Heur1p	0,66	4495,88	2900,55	3080,37	10476,8	611,5	61,3%	33,0%	15,4%	5,1%	1,2%
150	E6_50_83	10 of 10	0,1	Heur2p	0,66	5375,5	4039,68	834,426	10249,606	582,6	68,4%	40,1%	22,1%	11,8%	5,8%
150	E6_50_84	10 of 10	0,1	Heur3p	0,66	4670,13	2860,28	3280,43	10810,84	619,7	60,7%	33,6%	15,6%	5,7%	1,7%
150	E6_50_85	10 of 10	0,1	Heur4	0,66	3174,13	4163,25	700,608	8037,988	511,4	63,9%	33,0%	17,6%	9,2%	3,8%
150	E6_50_86	10 of 10	0,1	Heur5	0,66	4400	6025,15	21,9908	10447,1408	473,7	71,6%	48,7%	32,7%	21,5%	13,7%
150	E6_50_87	10 of 10	0,1	Heur6	0,66	3262,5	4183,05	378,034	7823,584	518	66,0%	36,7%	22,0%	12,8%	6,5%
150	E6_50_88	10 of 10	0,1	Heur7	0,66	2178,75	5349,4	2657,04	10185,19	1498,2	16,5%	0,3%	0,0%	0,0%	0,0%
150	E6_50_89	10 of 10	0,1	Heur8	0,66	4880,63	5505,48	0	10386,11	808,6	61,5%	35,9%	23,7%	15,0%	7,4%
150	E6_50_90	10 of 10	0,1	Heur9	0,66	4627,88	5359,4	2,61406	10034,89406	561,2	97,9%	87,6%	66,3%	40,7%	18,5%
150	E6_50_91	10 of 10	0,1	Heur10	0,66	3273	3916,55	3085,13	10274,68	373,9	98,0%	93,7%	87,4%	78,9%	68,9%
150	E6_50_92	10 of 10	0,1	Heur1	0,88	3484	4362,13	6127,45	13973,58	489,5	68,1%	40,0%	23,0%	11,8%	5,3%
150	E6_50_93	10 of 10	0,1	Heur2	0,88	4829	6923,08	195,849	11947,929	500,3	78,1%	57,1%	41,1%	29,4%	21,1%
150	E6_50_94	10 of 10	0,1	Heur3	0,88	3571,88	4223,03	5091,71	12886,62	475,9	72,2%	47,6%	31,3%	18,2%	8,6%
150	E6_50_95	10 of 10	0,1	Heur1p	0,88	4400,88	2133,85	20662,7	27197,43	577,6	50,9%	20,8%	8,3%	3,4%	1,1%
150	E6_50_96	10 of 10	0,1	Heur2p	0,88	5314,75	2709,75	12415	20439,5	545,5	52,6%	24,1%	11,5%	4,9%	1,9%
150	E6_50_97	10 of 10	0,1	Heur3p	0,88	4530,25	2072,48	20594,9	27197,63	585,1	50,8%	21,1%	8,4%	3,3%	1,1%
150	E6_50_98	10 of 10	0,1	Heur4	0,88	3190,38	4571,53	7667,66	15429,57	453,2	61,8%	34,2%	19,0%	10,0%	4,7%
150	E6_50_99	10 of 10	0,1	Heur5	0,88	4899,25	7561,15	22,0599	12482,4599	516,9	74,7%	54,2%	37,7%	25,9%	17,5%
150	E6_50_100	10 of 10	0,1	Heur6	0,88	3282,63	4685,68	4768,68	12736,99	459,3	65,1%	39,4%	24,6%	14,2%	6,7%
150	E6_50_101	10 of 10	0,1	Heur7	0,88	2463	5171,88	9593,51	17228,39	1804,6	15,8%	0,5%	0,0%	0,0%	0,0%
150	E6_50_102	10 of 10	0,1	Heur8	0,88	4610,13	5907,85	20,5173	10538,4973	615,6	78,0%	59,5%	41,8%	26,7%	14,3%
150	E6_50_103	10 of 10	0,1	Heur9	0,88	4539,75	5346,28	303,634	10189,664	524,6	97,8%	93,0%	80,9%	55,8%	26,3%
150	E6_50_104	10 of 10	0,1	Heur10	0,88	3852,13	5405,88	2094,6	11352,61	443,1	98,3%	95,3%	90,5%	84,1%	75,9%
150	E6_50_105	10 of 10	0,3	Heur1	0,22	2043	2196,05	63,8028	4302,8528	411,5	58,5%	15,1%	3,2%	0,4%	0,1%
150	E6_50_106	10 of 10	0,3	Heur2	0,22	2648,38	3013,4	22,653	5684,433	409,6	59,6%	16,7%	3,6%	0,8%	0,1%
150	E6_50_107	10 of 10	0,3	Heur3	0,22	2037,5	2203,53	45,3622	4286,3922	416	57,9%	14,3%	3,4%	0,6%	0,1%
150	E6_50_108	10 of 10	0,3	Heur1p	0,22	2187,38	2100,25	38,2508	4325,8808	428,4	56,1%	13,3%	2,8%	0,6%	0,1%
150	E6_50_109	10 of 10	0,3	Heur2p	0,22	2793	2825,55	15,3589	5633,9089	435,5	57,9%	13,6%	2,4%	0,5%	0,1%
150	E6_50_110	10 of 10	0,3	Heur3p	0,22	2168	2128,48	53,1229	4349,6029	428,2	56,2%	13,5%	3,2%	0,8%	0,2%
150	E6_50_111	10 of 10	0,3	Heur4	0,22	1949,75	2232,5	307,307	4489,557	398,8	50,8%	10,8%	2,1%	0,3%	0,1%
150	E6_50_112	10 of 10	0,3	Heur5	0,22	2640	3084,4	33,6485	5758,0485	357,3	47,0%	13,6%	4,4%	1,7%	0,7%
150	E6_50_113	10 of 10	0,3	Heur6	0,22	2002,5	2233,53	108,712	4344,742	352,9	52,2%	16,9%	6,6%	2,9%	1,1%

150	E6_50_114	10 of 10	0,3	Heur7	0,22	1191,75	3931,23	144,114	5267,094	579,7	20,9%	0,4%	0,0%	0,0%	0,0%
150	E6_50_115	10 of 10	0,3	Heur8	0,22	3285,63	3233,48	0	6519,11	677,4	43,3%	13,0%	2,1%	0,2%	0,0%
150	E6_50_116	10 of 10	0,3	Heur9	0,22	3183	3187,03	0	6370,03	376,7	92,2%	76,0%	51,3%	26,0%	9,0%
150	E6_50_117	10 of 10	0,3	Heur10	0,22	1983	2074,7	724,397	4782,097	224,9	97,7%	93,2%	86,4%	77,9%	67,9%
150	E6_50_118	10 of 10	0,3	Heur1	0,44	2780,63	3227,83	443,209	6451,669	509,2	63,5%	24,9%	9,9%	3,5%	1,1%
150	E6_50_119	10 of 10	0,3	Heur2	0,44	3688	4583,25	67,7857	8339,0357	510,8	63,4%	24,6%	9,4%	3,5%	1,2%
150	E6_50_120	10 of 10	0,3	Heur3	0,44	2784,75	3277,35	230,576	6292,676	504,1	63,1%	25,4%	10,3%	4,1%	1,4%
150	E6_50_121	10 of 10	0,3	Heur1p	0,44	3202,13	2943,65	298,97	6444,75	565,8	59,3%	21,9%	7,1%	1,9%	0,5%
150	E6_50_122	10 of 10	0,3	Heur2p	0,44	4125,13	3756,78	162,492	8044,402	549,9	64,8%	27,8%	10,5%	3,7%	1,0%
150	E6_50_123	10 of 10	0,3	Heur3p	0,44	3185,5	2961,3	284,162	6430,962	560,3	60,1%	22,8%	7,7%	2,5%	0,7%
150	E6_50_124	10 of 10	0,3	Heur4	0,44	2708,25	3333,35	313,919	6355,519	510,3	54,2%	17,5%	6,4%	2,3%	0,7%
150	E6_50_125	10 of 10	0,3	Heur5	0,44	3730	4674,83	58,7977	8463,6277	474,1	51,1%	17,2%	6,8%	2,7%	0,8%
150	E6_50_126	10 of 10	0,3	Heur6	0,44	2758,38	3342,98	153,649	6255,009	483,1	54,9%	19,0%	7,0%	2,8%	1,3%
150	E6_50_127	10 of 10	0,3	Heur7	0,44	1840,13	4596,53	923,017	7359,677	1072,3	18,5%	0,4%	0,0%	0,0%	0,0%
150	E6_50_128	10 of 10	0,3	Heur8	0,44	4329,88	4759,75	0	9089,63	828,2	47,9%	17,1%	4,4%	0,9%	0,2%
150	E6_50_129	10 of 10	0,3	Heur9	0,44	4158,75	4668,1	0	8826,85	504,2	93,2%	78,4%	53,7%	26,7%	8,7%
150	E6_50_130	10 of 10	0,3	Heur10	0,44	2679,88	3031,75	2101,31	7812,94	309,9	97,4%	92,2%	84,7%	75,4%	64,6%
150	E6_50_131	10 of 10	0,3	Heur1	0,66	3313,63	4011,23	1139,38	8464,24	523	67,7%	35,6%	18,0%	8,9%	3,7%
150	E6_50_132	10 of 10	0,3	Heur2	0,66	4352,63	5861,03	198,424	10412,084	540	68,4%	35,3%	17,8%	8,5%	3,8%
150	E6_50_133	10 of 10	0,3	Heur3	0,66	3339,5	4076,65	717,224	8133,374	534,4	69,0%	37,1%	19,1%	9,2%	3,6%
150	E6_50_134	10 of 10	0,3	Heur1p	0,66	4505	2976,83	3013,38	10495,21	613,9	58,8%	30,5%	13,3%	4,2%	0,8%
150	E6_50_135	10 of 10	0,3	Heur2p	0,66	5427,63	4118,58	714,353	10260,563	582,9	67,2%	38,0%	19,4%	9,4%	4,2%
150	E6_50_136	10 of 10	0,3	Heur3p	0,66	4702,25	2867,6	3063,29	10633,14	618,9	59,9%	31,3%	14,4%	4,8%	1,2%
150	E6_50_137	10 of 10	0,3	Heur4	0,66	3185,38	4243,83	742,661	8171,871	509,9	60,4%	30,1%	15,6%	7,6%	3,4%
150	E6_50_138	10 of 10	0,3	Heur5	0,66	4400	6176,08	67,8809	10643,9609	527,3	52,6%	23,1%	9,5%	3,8%	1,4%
150	E6_50_139	10 of 10	0,3	Heur6	0,66	3255,88	4245,08	479,608	7980,568	517,2	61,2%	31,1%	16,6%	9,0%	3,9%
150	E6_50_140	10 of 10	0,3	Heur7	0,66	2186	5368,85	2822,2	10377,05	1501,3	16,4%	0,4%	0,0%	0,0%	0,0%
150	E6_50_141	10 of 10	0,3	Heur8	0,66	4808,38	5863,15	0	10671,53	799,8	60,6%	32,7%	17,7%	9,1%	3,6%
150	E6_50_142	10 of 10	0,3	Heur9	0,66	4641,75	5740,18	0,01875	10381,94875	558,9	93,6%	78,8%	55,9%	30,5%	11,3%
150	E6_50_143	10 of 10	0,3	Heur10	0,66	3323,63	3853,5	3556,49	10733,62	374,6	96,8%	90,4%	81,5%	70,2%	57,5%
150	E6_50_144	10 of 10	0,3	Heur1	0,88	3489,5	4366,55	5840,53	13696,58	482	69,7%	42,9%	25,2%	14,3%	6,6%
150	E6_50_145	10 of 10	0,3	Heur2	0,88	4781,5	6783,13	642,069	12206,699	479	77,9%	54,4%	36,8%	23,8%	15,0%
150	E6_50_146	10 of 10	0,3	Heur3	0,88	3583,25	4338,53	4988,38	12910,16	483,7	71,7%	45,6%	28,6%	15,5%	6,8%
150	E6_50_147	10 of 10	0,3	Heur1p	0,88	4396,88	2126,1	21070,7	27593,68	588,1	50,7%	20,8%	8,3%	3,2%	1,0%
150	E6_50_148	10 of 10	0,3	Heur2p	0,88	5348,5	2691,88	13108	21148,38	552,8	52,7%	22,6%	9,6%	4,2%	1,6%
150	E6_50_149	10 of 10	0,3	Heur3p	0,88	4492,5	2067,53	21357,8	27917,83	592,8	50,3%	20,8%	7,8%	2,9%	0,8%
150	E6_50_150	10 of 10	0,3	Heur4	0,88	3218,13	4651,5	7272,53	15142,16	450,5	60,7%	33,2%	18,0%	9,0%	4,0%
150	E6_50_151	10 of 10	0,3	Heur5	0,88	4883,25	7578,45	101,914	12563,614	507,9	60,5%	34,8%	19,5%	10,6%	5,9%
150	E6_50_152	10 of 10	0,3	Heur6	0,88	3255,63	4723,73	5374,97	13354,33	452,8	61,9%	36,0%	21,7%	11,7%	5,2%
150	E6_50_153	10 of 10	0,3	Heur7	0,88	2458,25	5338,6	8529,3	16326,15	1809,1	15,5%	0,6%	0,0%	0,0%	0,0%
150	E6_50_154	10 of 10	0,3	Heur8	0,88	4619,25	6359,4	27,9103	11006,5603	606,7	75,6%	1,8%	0,2%	0,0%	0,0%
150	E6_50_155	10 of 10	0,3	Heur9	0,88	4386,38	5978,25	190,738	10555,368	513,4	93,5%	82,5%	64,7%	39,6%	16,5%
150	E6_50_156	10 of 10	0,3	Heur10	0,88	3893,38	5221,73	2710,91	11826,02	446,5	96,8%	91,0%	82,5%	72,0%	59,4%
150	E6_50_157	10 of 10	0,5	Heur1	0,22	2099,88	2229	46,2683	4375,1483	418,7	58,5%	15,2%	3,2%	0,6%	0,1%
150	E6_50_158	10 of 10	0,5	Heur2	0,22	2696,5	3024,85	19,7934	5741,1434	413,6	59,5%	16,8%	3,9%	1,0%	0,2%
150	E6_50_159	10 of 10	0,5	Heur3	0,22	2079,88	2232,73	47,0931	4359,7031	419,3	58,0%	14,7%	3,6%	0,6%	0,1%
150	E6_50_160	10 of 10	0,5	Heur1p	0,22	2190	2143,75	42,7039	4376,4539	435,1	55,7%	13,1%	2,5%	0,4%	0,1%
150	E6_50_161	10 of 10	0,5	Heur2p	0,22	2879,88	2800,83	21,1341	5701,8441	437,2	58,6%	15,3%	3,3%	0,5%	0,0%
150	E6_50_162	10 of 10	0,5	Heur3p	0,22	2222,88	2139,13	69,5655	4431,5755	433,1	56,5%	14,2%	2,9%	0,7%	0,1%
150	E6_50_163	10 of 10	0,5	Heur4	0,22	1950,25	2241,53	433,205	4624,985	401,3	48,1%	10,1%	1,9%	0,2%	0,0%
150	E6_50_164	10 of 10	0,5	Heur5	0,22	2640	3089,78	104,422	5834,202	371,7	41,7%	11,4%	3,8%	1,6%	0,7%
150	E6_50_165	10 of 10	0,5	Heur6	0,22	2002,5	2244,93	242,694	4490,124	353,2	49,7%	15,4%	5,2%	2,2%	0,8%
150	E6_50_166	10 of 10	0,5	Heur7	0,22	1199,38	3960,25	144,238	5303,868	587,8	21,3%	0,5%	0,0%	0,0%	0,0%
150	E6_50_167	10 of 10	0,5	Heur8	0,22	3297,5	3410,9	0	6708,4	682,1	43,7%	13,0%	2,3%	0,2%	0,0%
150	E6_50_168	10 of 10	0,5	Heur9	0,22	3184,88	3355,45	0	6540,33	378,3	90,4%	73,6%	48,0%	23,1%	6,9%
150	E6_50_169	10 of 10	0,5	Heur10	0,22	2025	2094,68	750,699	4870,379	227,4	97,2%	91,8%	83,9%	74,5%	63,4%
150	E6_50_170	10 of 10	0,5	Heur1	0,44	2800,25	3287,9	323,13	6411,28	515,1	62,9%	24,3%	8,8%	3,0%	0,7%
150	E6_50_171	10 of 10	0,5	Heur2	0,44	3731,38	4598,7	94,6192	8424,6992	513	64,0%	25,5%	9,0%	3,1%	1,1%
150	E6_50_172	10 of 10	0,5	Heur3	0,44	2792	3300,15	258,488	6350,638	518,1	61,7%	23,1%	7,9%	2,7%	0,9%
150	E6_50_173	10 of 10	0,5	Heur1p	0,44	3257,38	2973,63	329,991	6561,001	563,9	60,0%	22,3%	7,1%	1,9%	0,5%
150	E6_50_174	10 of 10	0,5	Heur2p	0,44	4181,88	3729	158,966	8069,846	548,3	64,8%	28,7%	11,0%	4,0%	1,2%
150	E6_50_175	10 of 10	0,5	Heur3p	0,44	3226,25	2957,25	355,068	6538,568	559,2	60,4%	24,0%	8,2%	2,3%	0,4%
150	E6_50_176	10 of 10	0,5	Heur4	0,44	2723,75	3361,73	451,502	6536,982	506	50,7%	15,9%	5,2%	1,8%	0,6%
150	E6_50_177	10 of 10	0,5	Heur5	0,44	3733,75	4678,58	154,557	8566,887	481,9	45,9%	13,7%	4,6%	1,5%	0,5%
150	E6_50_178	10 of 10	0,5	Heur6	0,44	2751,38	3379,43	337,291	6468,101	492,2	50,6%	15,9%	5,7%	2,2%	0,9%
150	E6_50_179	10 of 10	0,5	Heur7	0,44	1892,13	4618,13	913,215	7423,475	1084,7	18,9%	0,4%	0,0%	0,0%	0,0%
150	E6_50_180	10 of 10	0,5	Heur8	0,44	4332,63	5019,2	0	9351,83	827,1	48,9%	16,8%	4,1%	0,8%	0,1%
150	E6_50_181	10 of 10	0,5	Heur9	0,44	4179,13	4944,05	0	9123,18	505,1	88,2%	68,7%	43,8%	20,4%	6,2%
150	E6_50_182	10 of 10	0,5	Heur10	0,44	2718,25	3020,85	2358,27	8097,37	312,5	96,3%	90,0%	81,4%	70,2%	57,1%
150	E6_50_183	10 of 10	0,5	Heur1	0,66	3334	4023,93	1274,9	8632,83	522,6	69,2%	37,8%	20,0%	9,6%	4,1%

Efectos de la complejidad y la incertidumbre sobre el ELSF

150	E6_50_184	10 of 10	0,5	Heur2	0,66	4339,5	5874,53	392,338	10606,368	527,4	69,6%	37,4%	18,7%	8,6%	3,9%
150	E6_50_185	10 of 10	0,5	Heur3	0,66	3338,38	4037,55	1077,7	8453,63	526,7	69,4%	37,9%	19,8%	9,0%	3,2%
150	E6_50_186	10 of 10	0,5	Heur1p	0,66	4516,63	2999,78	2989,55	10505,96	613,2	59,9%	31,0%	13,4%	4,3%	0,8%
150	E6_50_187	10 of 10	0,5	Heur2p	0,66	5500,63	4050,78	732,651	10284,061	592,8	67,0%	37,2%	18,9%	9,0%	3,8%
150	E6_50_188	10 of 10	0,5	Heur3p	0,66	4788,38	2880,85	3206,99	10876,22	623	59,6%	31,7%	14,2%	4,5%	1,1%
150	E6_50_189	10 of 10	0,5	Heur4	0,66	3185,5	4288,35	970,444	8444,294	514,6	55,5%	25,7%	12,1%	5,5%	2,5%
150	E6_50_190	10 of 10	0,5	Heur5	0,66	4400	6189,78	163,567	10753,347	547,7	47,3%	16,7%	5,4%	1,6%	0,4%
150	E6_50_191	10 of 10	0,5	Heur6	0,66	3268,25	4328,4	574,463	8171,113	527,8	54,9%	24,2%	11,4%	5,2%	1,9%
150	E6_50_192	10 of 10	0,5	Heur7	0,66	2242,5	5396,78	2700,68	10339,96	1520,5	16,5%	0,5%	0,0%	0,0%	0,0%
150	E6_50_193	10 of 10	0,5	Heur8	0,66	4863,25	6228,88	0	11092,13	795,2	59,6%	29,6%	13,8%	5,7%	1,9%
150	E6_50_194	10 of 10	0,5	Heur9	0,66	4605,13	6058,85	0	10663,98	555	88,9%	71,5%	47,0%	22,5%	7,6%
150	E6_50_195	10 of 10	0,5	Heur10	0,66	3327,5	3849,38	4051,42	11228,3	377,2	95,1%	87,3%	76,6%	63,7%	49,0%
150	E6_50_196	10 of 10	0,5	Heur1	0,88	3528,38	4388,93	5958,17	13875,48	484,1	69,8%	42,0%	23,7%	12,1%	5,5%
150	E6_50_197	10 of 10	0,5	Heur2	0,88	4709,88	6624,78	1074,06	12408,72	461,1	76,6%	53,1%	34,8%	21,8%	13,4%
150	E6_50_198	10 of 10	0,5	Heur3	0,88	3644	4375,35	5157,81	13177,16	480,3	71,3%	45,3%	26,8%	14,1%	5,7%
150	E6_50_199	10 of 10	0,5	Heur1p	0,88	4394	2118,5	22162	28674,5	591,9	49,8%	19,1%	7,2%	2,5%	0,6%
150	E6_50_200	10 of 10	0,5	Heur2p	0,88	5327,88	2688,25	13271,4	21287,53	552,7	53,6%	23,0%	9,9%	4,1%	1,4%
150	E6_50_201	10 of 10	0,5	Heur3p	0,88	4510,25	2052,7	22363,1	28926,05	592,9	50,8%	19,5%	7,3%	2,9%	0,9%
150	E6_50_202	10 of 10	0,5	Heur4	0,88	3240,63	4697,63	7218,33	15156,59	454,9	57,6%	29,7%	15,6%	7,1%	2,6%
150	E6_50_203	10 of 10	0,5	Heur5	0,88	4827,25	7512,03	273,456	12612,736	484,7	57,6%	31,6%	17,1%	9,3%	5,1%
150	E6_50_204	10 of 10	0,5	Heur6	0,88	3230,13	4759,05	6319,39	14308,57	450,2	60,0%	33,4%	18,4%	9,3%	3,7%
150	E6_50_205	10 of 10	0,5	Heur7	0,88	2425,38	5324,85	10097,7	17847,93	1809	15,3%	0,5%	0,0%	0,0%	0,0%
150	E6_50_206	10 of 10	0,5	Heur8	0,88	4511,75	6692,1	30,3761	11234,2261	582,6	75,6%	53,5%	32,6%	15,6%	5,4%
150	E6_50_207	10 of 10	0,5	Heur9	0,88	4260	6298,1	156,329	10714,429	498,8	90,4%	75,2%	55,3%	30,6%	11,7%
150	E6_50_208	10 of 10	0,5	Heur10	0,88	3947,38	5129,63	3224,01	12301,02	452,2	95,8%	87,9%	76,8%	63,4%	47,9%
150	E6_50_209	1 of 1	0	LowerBound	0,22				4074						
150	E6_50_210	1 of 1	0,1	LowerBound	0,22				4074						
150	E6_50_211	1 of 1	0,3	LowerBound	0,22				4074						
150	E6_50_212	1 of 1	0,5	LowerBound	0,22				4074						
150	E6_50_213	1 of 1	0	LowerBound	0,44				5636						
150	E6_50_214	1 of 1	0,1	LowerBound	0,44				5636						
150	E6_50_215	1 of 1	0,3	LowerBound	0,44				5636						
150	E6_50_216	1 of 1	0,5	LowerBound	0,44				5636						
150	E6_50_217	1 of 1	0	LowerBound	0,66				6744						
150	E6_50_218	1 of 1	0,1	LowerBound	0,66				6744						
150	E6_50_219	1 of 1	0,3	LowerBound	0,66				6744						
150	E6_50_220	1 of 1	0,5	LowerBound	0,66				6744						
150	E6_50_221	1 of 1	0	LowerBound	0,88				7588						
150	E6_50_222	1 of 1	0,1	LowerBound	0,88				7588						
150	E6_50_223	1 of 1	0,3	LowerBound	0,88				7588						
150	E6_50_224	1 of 1	0,5	LowerBound	0,88				7588						
200	E6_50_1	1 of 1	0	Heur1	0,22	1991,25	2186,5	58,287	4236,037	404	0,57673	0,1411	0,0223	0,0025	0
200	E6_50_2	1 of 1	0	Heur2	0,22	2725	2833,75	4,0634	5562,8134	388	59,3%	18,3%	5,9%	0,0%	0,0%
200	E6_50_3	1 of 1	0	Heur3	0,22	2002,5	2142,5	5,0468	4150,0468	359	63,8%	25,1%	5,6%	1,1%	0,3%
200	E6_50_4	1 of 1	0	Heur1p	0,22	2223,75	2008	43,0946	4274,8446	412	57,3%	16,3%	3,4%	1,2%	0,2%
200	E6_50_5	1 of 1	0	Heur2p	0,22	2777,5	2780,25	9,92215	5567,67215	420	56,7%	12,9%	0,5%	0,0%	0,0%
200	E6_50_6	1 of 1	0	Heur3p	0,22	2015	2185	10,1174	4210,1174	408	57,8%	14,7%	4,2%	1,5%	0,5%
200	E6_50_7	1 of 1	0	Heur4	0,22	1946,25	2201,75	292,447	4440,447	408	55,6%	12,7%	3,7%	1,0%	0,2%
200	E6_50_8	1 of 1	0	Heur5	0,22	2690	3035,25	1,215	5726,465	378	60,8%	24,3%	17,7%	11,4%	5,6%
200	E6_50_9	1 of 1	0	Heur6	0,22	2012,5	2211,25	5,92686	4229,67686	371	62,8%	26,4%	10,8%	5,7%	3,0%
200	E6_50_10	1 of 1	0	Heur7	0,22	1110	3819,5	673,795	5603,295	561	20,7%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
200	E6_50_11	1 of 1	0	Heur8	0,22	3196,25	2915,5	0	6111,75	599	47,7%	18,0%	8,3%	2,5%	0,8%
200	E6_50_12	1 of 1	0	Heur9	0,22	3110	2889,25	0	5999,25	375	100,0%	93,9%	75,5%	44,3%	15,5%
200	E6_50_13	1 of 1	0	Heur10	0,22	1983,75	2118,25	450,659	4552,659	223	100,0%	99,6%	98,7%	96,9%	91,9%
200	E6_50_14	1 of 1	0	Heur1	0,44	2780	3109,75	1012,89	6902,64	482	66,2%	29,9%	12,4%	4,4%	1,5%
200	E6_50_15	1 of 1	0	Heur2	0,44	3700	4401,25	49,5854	8150,8354	497	63,4%	26,4%	12,9%	5,2%	2,6%
200	E6_50_16	1 of 1	0	Heur3	0,44	2915	3138,5	242,175	6295,675	461	68,1%	35,1%	19,5%	11,7%	5,9%
200	E6_50_17	1 of 1	0	Heur1p	0,44	3293,75	2894,25	300,969	6488,969	559	61,7%	23,6%	9,3%	3,2%	0,2%
200	E6_50_18	1 of 1	0	Heur2p	0,44	4020	3885	140,58	8045,58	539	61,0%	21,5%	7,6%	2,0%	0,7%
200	E6_50_19	1 of 1	0	Heur3p	0,44	3346,25	2790,5	358,214	6494,964	554	59,9%	23,6%	8,8%	3,8%	0,9%
200	E6_50_20	1 of 1	0	Heur4	0,44	2756,25	3283,75	296,788	6336,788	492	63,4%	28,5%	12,8%	5,7%	2,2%
200	E6_50_21	1 of 1	0	Heur5	0,44	3677,5	4592,25	0,8694	8270,6194	458	71,2%	42,4%	25,1%	18,1%	12,0%
200	E6_50_22	1 of 1	0	Heur6	0,44	2802,5	3266,75	64,822	6134,072	453	68,2%	36,4%	21,4%	12,4%	7,1%
200	E6_50_23	1 of 1	0	Heur7	0,44	1788,75	4342	2392,11	8522,86	1050	18,2%	0,2%	0,0%	0,0%	0,0%
200	E6_50_24	1 of 1	0	Heur8	0,44	4188,75	4281,75	0	8470,5	791	49,4%	19,7%	7,5%	1,9%	0,6%
200	E6_50_25	1 of 1	0	Heur9	0,44	4090	4227	0	8317	500	100,0%	91,2%	71,8%	42,8%	18,8%
200	E6_50_26	1 of 1	0	Heur10	0,44	2822,5	3090	1684,62	7597,12	309	98,7%	94,8%	89,0%	80,6%	69,9%
200	E6_50_27	1 of 1	0	Heur1	0,66	3286,25	4002,75	1332,69	8621,69	522	69,0%	36,0%	19,0%	10,3%	4,2%
200	E6_50_28	1 of 1	0	Heur2	0,66	4400	5909,5	41,6019	10351,1019	513	71,5%	40,0%	23,0%	10,9%	5,1%
200	E6_50_29	1 of 1	0	Heur3	0,66	3352,5	3795,25	935,475	8083,225	504	75,2%	48,8%	31,5%	19,0%	8,1%

200	E6_50_30	1 of 1	0	Heur1p	0,66	4415	2848,5	3629,33	10892,83	614	63,4%	33,7%	15,1%	5,7%	1,3%
200	E6_50_31	1 of 1	0	Heur2p	0,66	5388,75	4143,25	759,713	10291,713	567	71,3%	41,6%	22,0%	13,1%	6,0%
200	E6_50_32	1 of 1	0	Heur3p	0,66	4617,5	2943,75	2850,37	10411,62	612	57,2%	33,0%	13,9%	4,9%	1,0%
200	E6_50_33	1 of 1	0	Heur4	0,66	3228,75	4148,75	573,177	7950,677	509	68,0%	38,9%	22,6%	13,0%	7,3%
200	E6_50_34	1 of 1	0	Heur5	0,66	4400	5979,25	2.55313	10381,80313	458	81,2%	65,1%	56,1%	47,6%	39,3%
200	E6_50_35	1 of 1	0	Heur6	0,66	3260	4207,75	115,929	7583,679	550	65,3%	32,9%	14,5%	9,1%	5,1%
200	E6_50_36	1 of 1	0	Heur7	0,66	2240	5376	2284,68	9900,68	1490	15,8%	0,3%	0,0%	0,0%	0,0%
200	E6_50_37	1 of 1	0	Heur8	0,66	5105	5434,75	0	10539,75	844	61,0%	36,1%	21,8%	13,5%	6,5%
200	E6_50_38	1 of 1	0	Heur9	0,66	4835	5284,75	0	10119,75	581	100,0%	90,4%	72,6%	49,9%	24,8%
200	E6_50_39	1 of 1	0	Heur10	0,66	3247,5	3819	3368,06	10434,56	366	98,1%	95,1%	90,2%	83,3%	75,4%
200	E6_50_40	1 of 1	0	Heur1	0,88	3612,5	4305	6721,72	14639,22	479	69,3%	42,8%	24,2%	12,7%	4,0%
200	E6_50_41	1 of 1	0	Heur2	0,88	4871,25	6417,5	166,539	11455,289	495	78,2%	58,2%	41,8%	31,7%	24,2%
200	E6_50_42	1 of 1	0	Heur3	0,88	3561,25	4164,5	5298,25	13024	467	74,3%	51,6%	34,3%	20,3%	10,3%
200	E6_50_43	1 of 1	0	Heur1p	0,88	4431,25	2134,5	20958	27523,75	603	50,6%	21,1%	8,1%	3,0%	0,3%
200	E6_50_44	1 of 1	0	Heur2p	0,88	5305	2683,25	11974,8	19963,05	527	56,0%	26,9%	12,5%	5,9%	3,0%
200	E6_50_45	1 of 1	0	Heur3p	0,88	4473,75	2120,25	21363,4	27957,4	608	57,9%	28,0%	11,0%	4,8%	1,8%
200	E6_50_46	1 of 1	0	Heur4	0,88	3237,5	4481,25	8228,45	15947,2	448	61,6%	34,2%	17,9%	8,5%	4,5%
200	E6_50_47	1 of 1	0	Heur5	0,88	4995	7551	2.50113	12548,50113	515	80,2%	62,5%	45,0%	29,7%	21,7%
200	E6_50_48	1 of 1	0	Heur6	0,88	3381,25	4680	4305,43	12366,68	455	66,8%	40,7%	25,7%	14,7%	7,5%
200	E6_50_49	1 of 1	0	Heur7	0,88	2522,5	5020,75	11794	19337,25	1777	15,8%	0,6%	0,0%	0,0%	0,0%
200	E6_50_50	1 of 1	0	Heur8	0,88	4745	5775	7,2925	10527,2925	641	76,8%	57,4%	41,3%	29,0%	16,4%
200	E6_50_51	1 of 1	0	Heur9	0,88	4800	4704,25	962,761	10467,011	551	100,0%	97,8%	90,6%	66,6%	33,9%
200	E6_50_52	1 of 1	0	Heur10	0,88	3883,75	5249,75	2566,17	11699,67	440	98,9%	96,8%	94,1%	89,1%	83,2%
200	E6_50_53	10 of 10	0,1	Heur1	0,22	1991,88	2189,53	60,8731	4242,2831	407,875	57,3%	13,1%	2,5%	0,6%	0,0%
200	E6_50_54	10 of 10	0,1	Heur2	0,22	2715,16	2980,63	12,851	5708,641	400	58,3%	15,6%	4,2%	0,4%	0,1%
200	E6_50_55	10 of 10	0,1	Heur3	0,22	2010,63	2199,91	42,6996	4253,2396	388,5	59,8%	18,1%	5,9%	1,8%	0,7%
200	E6_50_56	10 of 10	0,1	Heur1p	0,22	2203,44	2052,91	89,1234	4345,4734	420,375	55,8%	13,3%	2,9%	0,7%	0,1%
200	E6_50_57	10 of 10	0,1	Heur2p	0,22	2759,38	2857,25	21,2831	5637,9131	431,375	55,6%	10,6%	1,7%	0,2%	0,1%
200	E6_50_58	10 of 10	0,1	Heur3p	0,22	2079,06	2158,88	36,8471	4274,7871	422,375	55,2%	11,2%	3,0%	1,0%	0,1%
200	E6_50_59	10 of 10	0,1	Heur4	0,22	1946,25	2212,44	290,062	4448,752	406,75	54,0%	11,2%	2,9%	0,6%	0,2%
200	E6_50_60	10 of 10	0,1	Heur5	0,22	2690	3058,31	8,07713	5756,38713	388,75	53,8%	15,0%	6,5%	2,5%	0,9%
200	E6_50_61	10 of 10	0,1	Heur6	0,22	2005	2214,31	19,0809	4238,3909	372,625	57,4%	19,9%	7,2%	3,2%	1,2%
200	E6_50_62	10 of 10	0,1	Heur7	0,22	1142,19	3923,97	195,023	5261,183	569,25	20,6%	0,2%	0,0%	0,0%	0,0%
200	E6_50_63	10 of 10	0,1	Heur8	0,22	3271,88	3057,16	0	6329,04	650,5	43,5%	14,0%	2,8%	0,5%	0,0%
200	E6_50_64	10 of 10	0,1	Heur9	0,22	3140,78	3004,56	0	6145,34	374,25	97,2%	85,0%	62,0%	34,8%	12,9%
200	E6_50_65	10 of 10	0,1	Heur10	0,22	1956,88	2098,72	667,884	4723,484	222,5	99,0%	97,2%	94,1%	89,4%	83,3%
200	E6_50_66	10 of 10	0,1	Heur1	0,44	2799,38	3177,78	679,512	6656,672	504,875	63,1%	24,3%	9,8%	3,8%	1,2%
200	E6_50_67	10 of 10	0,1	Heur2	0,44	3704,84	4475,84	31,5042	8212,1842	538,375	59,7%	17,8%	4,9%	0,9%	0,2%
200	E6_50_68	10 of 10	0,1	Heur3	0,44	2901,88	3245,03	114,567	6261,477	524,875	61,1%	20,6%	7,4%	2,9%	1,1%
200	E6_50_69	10 of 10	0,1	Heur1p	0,44	3237,81	2956,16	237,579	6431,549	559,75	59,5%	22,0%	7,2%	2,2%	0,5%
200	E6_50_70	10 of 10	0,1	Heur2p	0,44	4093,13	3827,66	183,689	8104,479	550,125	62,9%	23,4%	9,2%	3,8%	1,2%
200	E6_50_71	10 of 10	0,1	Heur3p	0,44	3231,41	2953,28	257,862	6442,552	556,5	59,3%	21,8%	7,8%	2,1%	0,5%
200	E6_50_72	10 of 10	0,1	Heur4	0,44	2760,63	3313,75	307,203	6381,583	493	60,7%	25,2%	10,5%	4,0%	1,3%
200	E6_50_73	10 of 10	0,1	Heur5	0,44	3672,03	4619,31	14,3068	8305,6468	474	61,9%	28,8%	12,9%	7,1%	2,8%
200	E6_50_74	10 of 10	0,1	Heur6	0,44	2802,81	3284,38	73,2551	6160,4451	473,875	63,5%	28,6%	14,2%	7,6%	3,8%
200	E6_50_75	10 of 10	0,1	Heur7	0,44	1783,59	4458,22	1655,27	7897,08	1052,5	18,5%	0,3%	0,0%	0,0%	0,0%
200	E6_50_76	10 of 10	0,1	Heur8	0,44	4374,53	4515,91	0	8890,44	820,375	47,8%	17,6%	5,0%	1,2%	0,3%
200	E6_50_77	10 of 10	0,1	Heur9	0,44	4188,59	4409,97	0	8598,56	504,75	97,9%	86,1%	63,4%	35,0%	13,8%
200	E6_50_78	10 of 10	0,1	Heur10	0,44	2782,34	3052,03	1858,95	7693,32	306,625	98,0%	93,8%	88,1%	80,9%	72,2%
200	E6_50_79	10 of 10	0,1	Heur1	0,66	3315,31	4012,91	1086,51	8414,73	521,875	69,0%	36,7%	19,1%	9,9%	4,0%
200	E6_50_80	10 of 10	0,1	Heur2	0,66	4412,34	5967,03	59,0641	10438,4341	578,125	64,3%	27,5%	13,0%	6,3%	2,6%
200	E6_50_81	10 of 10	0,1	Heur3	0,66	3379,53	4005,13	440,446	7825,106	524,25	70,9%	41,0%	24,7%	14,4%	7,0%
200	E6_50_82	10 of 10	0,1	Heur1p	0,66	4418,13	3001,41	2824,48	10244,02	605,75	59,9%	31,7%	14,2%	4,8%	1,1%
200	E6_50_83	10 of 10	0,1	Heur2p	0,66	5426,41	4022,09	693,833	10142,333	573	68,4%	40,4%	22,2%	11,8%	5,9%
200	E6_50_84	10 of 10	0,1	Heur3p	0,66	4680	2840,19	3098,1	10618,29	612,625	60,7%	33,2%	15,4%	5,8%	1,5%
200	E6_50_85	10 of 10	0,1	Heur4	0,66	3217,19	4151,13	731,078	8099,398	505,875	64,7%	34,0%	18,0%	9,6%	4,4%
200	E6_50_86	10 of 10	0,1	Heur5	0,66	4400	6034,56	15,7657	10450,3257	523,875	67,6%	38,9%	21,8%	10,8%	5,7%
200	E6_50_87	10 of 10	0,1	Heur6	0,66	3239,22	4171,31	315,322	7725,852	523,25	65,3%	34,9%	18,9%	10,8%	5,0%
200	E6_50_88	10 of 10	0,1	Heur7	0,66	2216,88	5373,84	2952,34	10543,06	1487,25	16,3%	0,3%	0,0%	0,0%	0,0%
200	E6_50_89	10 of 10	0,1	Heur8	0,66	4797,19	5480,97	0,722359	10278,88236	798,375	61,8%	36,2%	23,8%	15,4%	7,6%
200	E6_50_90	10 of 10	0,1	Heur9	0,66	4677,81	5400,81	1,66095	10080,28095	559	97,6%	86,2%	65,7%	39,5%	16,8%
200	E6_50_91	10 of 10	0,1	Heur10	0,66	3239,38	3897,91	3125,6	10262,89	369,125	98,0%	93,9%	87,3%	78,9%	69,1%
200	E6_50_92	10 of 10	0,1	Heur1	0,88	3591,41	4299,63	6308,29	14199,33	483,75	69,2%	42,2%	25,0%	13,3%	5,8%
200	E6_50_93	10 of 10	0,1	Heur2	0,88	4842,66	6831,09	206,79	11880,54	500,875	77,5%	55,4%	38,8%	27,3%	19,2%
200	E6_50_94	10 of 10	0,1	Heur3	0,88	3599,06	4250,81	5223,41	13073,28	472,25	71,9%	46,7%	30,0%	17,4%	7,6%
200	E6_50_95	10 of 10	0,1	Heur1p	0,88	4442,03	2129,69	20631,6	27203,32	582	50,9%	20,7%	7,8%	3,1%	1,1%
200	E6_50_96	10 of 10	0,1	Heur2p	0,88	5277,97	2730,84	12075,4	20084,21	542	53,6%	24,7%	12,2%	5,8%	2,4%
200	E6_50_97	10 of 10	0,1	Heur3p	0,88	4542,5	2075,03	20453,7	27071,23	596,25	51,4%	20,4%	7,8%	3,2%	0,9%
200	E6_50_98	10 of 10	0,1	Heur4	0,88	3267,03	4593,94	6906	14766,97	449,25	62,3%	34,8%	18,8%	8,9%	3,9%
200	E6_50_99	10 of 10	0,1	Heur5	0,88	4976,25	7600,78	21,2813	12598,3113	519,875	73,4%	51,6%	34,8%	22,7%	14,1%

### *Efectos de la complejidad y la incertidumbre sobre el ELSP*

200	E6_50_100	10 of 10	0,1	Heur6	0,88	3334,38	4665,34	5258,85	13258,57	451,5	65,2%	39,4%	25,1%	15,4%	7,9%
200	E6_50_101	10 of 10	0,1	Heur7	0,88	2509,69	5162,34	9937,61	17609,64	1788,75	15,5%	0,5%	0,0%	0,0%	0,0%
200	E6_50_102	10 of 10	0,1	Heur8	0,88	4674,06	5966,22	28,9945	10669,2745	620,125	77,8%	58,7%	41,4%	26,1%	13,3%
200	E6_50_103	10 of 10	0,1	Heur9	0,88	4539,53	5285,72	376,934	10202,184	517,875	97,9%	92,1%	79,8%	55,3%	26,6%
200	E6_50_104	10 of 10	0,1	Heur10	0,88	3889,06	5365,31	1962,3	11216,67	441,125	98,3%	95,2%	89,9%	83,3%	74,9%
200	E6_50_105	10 of 10	0,3	Heur1	0,22	2000,31	2203,25	42,5864	4246,1464	408,125	58,0%	14,2%	3,2%	0,5%	0,1%
200	E6_50_106	10 of 10	0,3	Heur2	0,22	2715,16	3025,19	18,8269	5759,1769	406,5	59,1%	15,6%	3,8%	0,6%	0,1%
200	E6_50_107	10 of 10	0,3	Heur3	0,22	2006,25	2220,41	54,0625	4280,7225	395,125	59,6%	17,2%	5,2%	1,7%	0,8%
200	E6_50_108	10 of 10	0,3	Heur1p	0,22	2148,44	2102,03	73,5089	4323,9789	423,75	55,9%	12,6%	2,3%	0,3%	0,0%
200	E6_50_109	10 of 10	0,3	Heur2p	0,22	2785,63	2820,13	14,9446	5620,7046	426,875	57,2%	13,4%	2,7%	0,4%	0,1%
200	E6_50_110	10 of 10	0,3	Heur3p	0,22	2147,5	2123,5	44,0081	4315,0081	422	56,5%	13,4%	3,0%	0,8%	0,3%
200	E6_50_111	10 of 10	0,3	Heur4	0,22	1957,5	2231,41	282,171	4471,081	404,875	49,8%	9,8%	1,7%	0,3%	0,1%
200	E6_50_112	10 of 10	0,3	Heur5	0,22	2690,47	3087,91	31,4319	5809,8119	398,75	45,6%	8,2%	2,1%	0,5%	0,0%
200	E6_50_113	10 of 10	0,3	Heur6	0,22	2002,5	2234,88	99,1438	4336,5238	359,25	53,7%	17,7%	7,0%	2,8%	1,1%
200	E6_50_114	10 of 10	0,3	Heur7	0,22	1160,63	3935,72	80,9788	5177,3288	573,75	20,8%	0,4%	0,0%	0,0%	0,0%
200	E6_50_115	10 of 10	0,3	Heur8	0,22	3279,69	3226,53	0	6506,22	664,25	44,2%	13,7%	2,7%	0,3%	0,0%
200	E6_50_116	10 of 10	0,3	Heur9	0,22	3145,78	3170,81	0	6316,59	371,625	92,4%	76,8%	52,5%	26,4%	8,3%
200	E6_50_117	10 of 10	0,3	Heur10	0,22	1952,97	2091,28	743,823	4788,073	222,375	97,9%	94,4%	88,7%	80,7%	71,2%
200	E6_50_118	10 of 10	0,3	Heur1	0,44	2832,19	3243,69	400,013	6475,893	510,75	62,3%	23,3%	8,6%	2,9%	0,8%
200	E6_50_119	10 of 10	0,3	Heur2	0,44	3703,28	4541,28	92,9451	8337,5051	508	63,4%	24,2%	8,5%	2,9%	1,1%
200	E6_50_120	10 of 10	0,3	Heur3	0,44	2878,75	3277,19	173,862	6329,802	514,625	63,2%	23,2%	7,9%	2,7%	1,0%
200	E6_50_121	10 of 10	0,3	Heur1p	0,44	3259,53	2934,19	302,936	6496,656	555	59,5%	22,1%	7,6%	2,2%	0,4%
200	E6_50_122	10 of 10	0,3	Heur2p	0,44	4128,75	3755,91	123,21	8007,87	536	65,7%	28,4%	10,8%	3,9%	1,3%
200	E6_50_123	10 of 10	0,3	Heur3p	0,44	3286,56	2941,56	351,009	6579,129	553,25	59,5%	22,0%	7,3%	1,9%	0,3%
200	E6_50_124	10 of 10	0,3	Heur4	0,44	2766,25	3369,03	342,837	6478,117	491,125	55,1%	20,4%	7,7%	2,9%	0,9%
200	E6_50_125	10 of 10	0,3	Heur5	0,44	3682,81	4688,66	55,9145	8427,3845	543,875	48,3%	11,2%	2,7%	0,8%	0,1%
200	E6_50_126	10 of 10	0,3	Heur6	0,44	2805,94	3331,63	145,43	6283	460	58,2%	22,7%	9,0%	3,5%	1,1%
200	E6_50_127	10 of 10	0,3	Heur7	0,44	1764,38	4576,38	1113,97	7454,73	1056,88	18,7%	0,4%	0,0%	0,0%	0,0%
200	E6_50_128	10 of 10	0,3	Heur8	0,44	4322,66	4771,19	0	9093,85	822,125	48,0%	16,8%	4,8%	0,9%	0,1%
200	E6_50_129	10 of 10	0,3	Heur9	0,44	4170,94	4708,31	0	8879,25	500,75	92,6%	76,0%	51,5%	26,0%	8,5%
200	E6_50_130	10 of 10	0,3	Heur10	0,44	2766,72	3034,75	2146,92	7948,39	305,375	97,7%	93,0%	85,8%	76,6%	65,6%
200	E6_50_131	10 of 10	0,3	Heur1	0,66	3303,13	4038,28	1177,38	8518,79	519,125	69,1%	37,7%	19,8%	10,0%	4,2%
200	E6_50_132	10 of 10	0,3	Heur2	0,66	4343,59	5845,81	236,077	10425,477	533	68,4%	34,6%	16,6%	7,5%	3,5%
200	E6_50_133	10 of 10	0,3	Heur3	0,66	3326,56	4054,22	810,167	8190,947	521,625	69,3%	37,9%	20,3%	10,3%	4,2%
200	E6_50_134	10 of 10	0,3	Heur1p	0,66	4450,94	2970,19	3038,03	10459,16	606	59,8%	31,7%	14,2%	4,7%	1,1%
200	E6_50_135	10 of 10	0,3	Heur2p	0,66	5442,66	4109,91	538,588	10091,158	578,375	66,5%	37,5%	18,6%	8,6%	3,7%
200	E6_50_136	10 of 10	0,3	Heur3p	0,66	4707,5	2863,22	2982,67	10553,39	614,75	59,2%	31,5%	14,5%	4,6%	1,2%
200	E6_50_137	10 of 10	0,3	Heur4	0,66	3229,69	4235,03	749,466	8214,186	512,125	59,7%	28,2%	14,0%	6,8%	3,1%
200	E6_50_138	10 of 10	0,3	Heur5	0,66	4400	6211,66	74,3582	10686,0182	567,125	52,8%	19,5%	6,1%	1,8%	0,6%
200	E6_50_139	10 of 10	0,3	Heur6	0,66	3255,47	4261,97	376,891	7894,331	520,625	59,7%	28,8%	14,5%	7,4%	3,2%
200	E6_50_140	10 of 10	0,3	Heur7	0,66	2210,78	5437,66	2730,39	10378,83	1491,63	16,3%	0,5%	0,0%	0,0%	0,0%
200	E6_50_141	10 of 10	0,3	Heur8	0,66	4782,34	5853,25	0	10635,59	785	60,4%	32,6%	18,2%	9,8%	3,9%
200	E6_50_142	10 of 10	0,3	Heur9	0,66	4634,84	5768,06	0	10402,9	555	93,5%	78,8%	55,4%	29,6%	10,7%
200	E6_50_143	10 of 10	0,3	Heur10	0,66	3264,84	3881,78	3624,84	10771,46	369,625	97,1%	91,0%	82,4%	72,0%	59,7%
200	E6_50_144	10 of 10	0,3	Heur1	0,88	3587,81	4347,69	5974,12	13909,62	481	70,4%	42,4%	24,4%	12,8%	5,0%
200	E6_50_145	10 of 10	0,3	Heur2	0,88	4761,56	6790,25	574,945	12126,755	472	78,1%	55,2%	36,9%	23,4%	14,4%
200	E6_50_146	10 of 10	0,3	Heur3	0,88	3614,22	4298,78	4960,01	12873,01	474	72,3%	46,8%	29,4%	16,5%	7,1%
200	E6_50_147	10 of 10	0,3	Heur1p	0,88	4419,22	2131,47	21075,3	27625,99	581,25	51,8%	21,4%	8,0%	3,1%	0,9%
200	E6_50_148	10 of 10	0,3	Heur2p	0,88	5348,13	2702,81	12873,9	20924,84	542,5	54,6%	25,1%	11,9%	5,6%	2,2%
200	E6_50_149	10 of 10	0,3	Heur3p	0,88	4524,69	2071,59	20958,6	27554,88	587,875	50,6%	20,0%	7,4%	2,9%	0,7%
200	E6_50_150	10 of 10	0,3	Heur4	0,88	3222,97	4598,13	7517,02	15338,12	444,125	60,2%	31,7%	16,5%	7,6%	3,3%
200	E6_50_151	10 of 10	0,3	Heur5	0,88	4867,5	7618,94	97,7305	12584,1705	509,375	57,7%	31,0%	16,0%	8,7%	4,6%
200	E6_50_152	10 of 10	0,3	Heur6	0,88	3307,34	4717,06	5364,38	13388,78	453,125	62,5%	35,1%	20,6%	11,4%	4,9%
200	E6_50_153	10 of 10	0,3	Heur7	0,88	2485,47	5242,88	9595,48	17323,83	1789,63	15,3%	0,5%	0,0%	0,0%	0,0%
200	E6_50_154	10 of 10	0,3	Heur8	0,88	4622,5	6377,56	14,2229	11014,2829	605,75	75,9%	2,0%	0,1%	0,0%	0,0%
200	E6_50_155	10 of 10	0,3	Heur9	0,88	4371,09	5963,13	123,463	10457,683	509,875	93,1%	80,0%	61,2%	37,5%	16,5%
200	E6_50_156	10 of 10	0,3	Heur10	0,88	3879,84	5254,41	2307,08	11441,33	441,5	96,5%	90,5%	82,0%	71,5%	59,8%
200	E6_50_157	10 of 10	0,5	Heur1	0,22	2031,41	2224,47	56,162	4312,042	412,5	58,7%	15,0%	3,1%	0,5%	0,1%
200	E6_50_158	10 of 10	0,5	Heur2	0,22	2697,81	3037,5	26,2268	5761,5368	400,25	59,7%	17,9%	4,8%	1,1%	0,3%
200	E6_50_159	10 of 10	0,5	Heur3	0,22	2008,91	2235,09	26,8186	4270,8186	404,625	59,1%	16,4%	3,7%	0,8%	0,1%
200	E6_50_160	10 of 10	0,5	Heur1p	0,22	2193,59	2115,88	46,2794	4355,7494	427,75	55,6%	13,4%	2,5%	0,4%	0,1%
200	E6_50_161	10 of 10	0,5	Heur2p	0,22	2859,84	2823,84	15,8989	5699,5789	429,625	58,2%	15,1%	2,9%	0,5%	0,0%
200	E6_50_162	10 of 10	0,5	Heur3p	0,22	2121,25	2161,06	51,9889	4334,2989	421,375	56,9%	14,6%	3,3%	0,5%	0,1%
200	E6_50_163	10 of 10	0,5	Heur4	0,22	1950,31	2240,47	425,478	4616,258	398,5	47,9%	10,9%	2,0%	0,4%	0,1%
200	E6_50_164	10 of 10	0,5	Heur5	0,22	2693,59	3093,16	99,3734	5886,1234	399,125	41,3%	7,1%	1,9%	0,6%	0,1%
200	E6_50_165	10 of 10	0,5	Heur6	0,22	2002,5	2245,84	235,582	4483,922	358,75	50,2%	15,7%	5,8%	2,2%	0,7%
200	E6_50_166	10 of 10	0,5	Heur7	0,22	1164,38	3926,94	88,9912	5180,3112	579,75	20,8%	0,5%	0,0%	0,0%	0,0%
200	E6_50_167	10 of 10	0,5	Heur8	0,22	3264,22	3384,06	0	6648,28	674,5	44,0%	12,6%	2,2%	0,3%	0,0%
200	E6_50_168	10 of 10	0,5	Heur9	0,22	3133,57	3330,07	0	6463,64	374,857	89,6%	71,4%	46,9%	21,5%	6,6%
200	E6_50_169	10 of 10	0,5	Heur10	0,22	1973,57	2095,71	745,233	4814,513	224	97,1%	91,3%	83,3%	72,9%	61,2%

200	E6_50_170	10 of 10	0,5	Heur1	0,44	2850,71	3295,79	358,28	6504,78	517,429	62,2%	23,7%	8,8%	2,9%	0,7%
200	E6_50_171	10 of 10	0,5	Heur2	0,44	3718,75	4534,57	134,251	8387,571	503	63,8%	25,9%	9,9%	3,4%	1,3%
200	E6_50_172	10 of 10	0,5	Heur3	0,44	2860,18	3282,82	367,479	6510,479	510,286	62,9%	24,3%	8,5%	2,6%	0,8%
200	E6_50_173	10 of 10	0,5	Heur1p	0,44	3279,46	2984,5	278,138	6542,098	561,286	59,3%	22,6%	7,9%	2,4%	0,7%
200	E6_50_174	10 of 10	0,5	Heur2p	0,44	4165,36	3825,18	173,942	8164,482	542,286	64,8%	27,9%	10,4%	3,5%	1,1%
200	E6_50_175	10 of 10	0,5	Heur3p	0,44	3296,43	2980,21	372,924	6649,564	556,429	60,7%	22,6%	7,8%	2,1%	0,4%
200	E6_50_176	10 of 10	0,5	Heur4	0,44	2781,61	3384,25	515,339	6681,199	484,714	52,6%	18,6%	6,7%	2,1%	0,5%
200	E6_50_177	10 of 10	0,5	Heur5	0,44	3683,93	4689,86	138,504	8512,294	542,429	45,2%	10,0%	1,9%	0,3%	0,0%
200	E6_50_178	10 of 10	0,5	Heur6	0,44	2811,61	3349,75	357,55	6518,91	466,143	52,9%	18,1%	5,7%	1,7%	0,6%
200	E6_50_179	10 of 10	0,5	Heur7	0,44	1813,33	4654,89	681,784	7150,604	1075,86	18,8%	0,5%	0,0%	0,0%	0,0%
200	E6_50_180	10 of 10	0,5	Heur8	0,44	4316,96	5044,54	0	9361,5	813,429	49,2%	17,5%	4,3%	0,8%	0,2%
200	E6_50_181	10 of 10	0,5	Heur9	0,44	4157,14	4964	0	9121,14	501	88,6%	70,1%	43,7%	19,1%	5,5%
200	E6_50_182	10 of 10	0,5	Heur10	0,44	2746,25	3066,21	2290,89	8103,35	307,429	96,1%	89,4%	80,3%	69,2%	56,5%
200	E6_50_183	10 of 10	0,5	Heur1	0,66	3313,57	4019,21	1677,15	9009,93	523,429	67,3%	34,7%	17,3%	8,1%	3,1%
200	E6_50_184	10 of 10	0,5	Heur2	0,66	4345,89	5930,39	292,332	10568,612	516,143	68,9%	36,4%	17,9%	8,5%	3,7%
200	E6_50_185	10 of 10	0,5	Heur3	0,66	3336,79	4054,5	1153,78	8545,07	525,286	68,1%	36,3%	17,9%	8,1%	3,2%
200	E6_50_186	10 of 10	0,5	Heur1p	0,66	4547,32	2949,82	3204,76	10701,9	611,286	58,3%	30,5%	13,0%	4,3%	0,9%
200	E6_50_187	10 of 10	0,5	Heur2p	0,66	5396,79	4172,14	718,019	10286,949	582,429	65,8%	36,9%	18,2%	8,5%	3,6%
200	E6_50_188	10 of 10	0,5	Heur3p	0,66	4790,89	2814,25	3303,82	10908,96	617,857	60,2%	30,6%	13,7%	4,7%	1,1%
200	E6_50_189	10 of 10	0,5	Heur4	0,66	3221,61	4260,36	1009,71	8491,68	508,571	55,4%	25,5%	12,0%	5,0%	1,7%
200	E6_50_190	10 of 10	0,5	Heur5	0,66	4400	6210,82	162,973	10773,793	578,714	47,3%	14,8%	4,2%	1,2%	0,2%
200	E6_50_191	10 of 10	0,5	Heur6	0,66	3264,29	4316,68	679,842	8260,812	517,429	54,9%	24,5%	11,4%	5,3%	2,1%
200	E6_50_192	10 of 10	0,5	Heur7	0,66	2199,11	5472,25	2900,37	10571,73	1500	16,8%	0,6%	0,0%	0,0%	0,0%
200	E6_50_193	10 of 10	0,5	Heur8	0,66	4812,32	6220,36	0	11032,68	792,857	58,2%	27,6%	13,4%	5,7%	2,0%
200	E6_50_194	10 of 10	0,5	Heur9	0,66	4606,96	6098,46	0	10705,42	552,857	88,9%	69,9%	45,5%	21,4%	7,2%
200	E6_50_195	10 of 10	0,5	Heur10	0,66	3280	3823,71	4352,56	11456,27	374,429	95,7%	87,9%	77,5%	64,5%	49,8%
200	E6_50_196	10 of 10	0,5	Heur1	0,88	3610,18	4363,82	6025,17	13999,17	479,714	69,2%	42,3%	25,0%	13,3%	5,7%
200	E6_50_197	10 of 10	0,5	Heur2	0,88	4719,64	6554,11	1103,58	12377,33	452,286	76,6%	52,7%	34,3%	21,7%	13,0%
200	E6_50_198	10 of 10	0,5	Heur3	0,88	3656,96	4432,61	4684,79	12774,36	480,429	71,6%	46,5%	28,2%	15,5%	6,1%
200	E6_50_199	10 of 10	0,5	Heur1p	0,88	4413,04	2139,68	22134,9	28687,62	587,571	49,1%	18,4%	6,7%	2,5%	0,5%
200	E6_50_200	10 of 10	0,5	Heur2p	0,88	5334,82	2659,54	14192,1	22186,46	544,857	52,6%	21,8%	9,6%	3,8%	1,4%
200	E6_50_201	10 of 10	0,5	Heur3p	0,88	4524,11	2051,39	21958,7	28534,2	595,429	50,3%	19,4%	6,7%	2,3%	0,6%
200	E6_50_202	10 of 10	0,5	Heur4	0,88	3280,36	4658,07	7691,56	15629,99	447,429	57,9%	30,5%	16,1%	7,5%	3,1%
200	E6_50_203	10 of 10	0,5	Heur5	0,88	4838,75	7531,82	264,237	12634,807	485,571	55,4%	28,9%	15,4%	8,3%	4,4%
200	E6_50_204	10 of 10	0,5	Heur6	0,88	3327,5	4759,46	5916,73	14003,69	452,714	59,0%	32,6%	18,5%	9,5%	3,9%
200	E6_50_205	10 of 10	0,5	Heur7	0,88	2460	5336,79	9791,21	17588	1802,57	15,6%	0,6%	0,0%	0,0%	0,0%
200	E6_50_206	10 of 10	0,5	Heur8	0,88	4482,5	6665,36	77,2303	11225,0903	580,429	74,4%	51,9%	31,6%	15,3%	5,5%
200	E6_50_207	10 of 10	0,5	Heur9	0,88	4288,04	6363,25	182,687	10833,977	498,143	89,9%	74,8%	53,7%	30,2%	11,3%
200	E6_50_208	10 of 10	0,5	Heur10	0,88	3930,18	5060,71	3375,66	12366,55	446,286	95,4%	87,3%	76,2%	62,6%	47,3%
200	E6_50_209	1 of 1	0	LowerBound	0,22				4074						
200	E6_50_210	1 of 1	0,1	LowerBound	0,22				4074						
200	E6_50_211	1 of 1	0,3	LowerBound	0,22				4074						
200	E6_50_212	1 of 1	0,5	LowerBound	0,22				4074						
200	E6_50_213	1 of 1	0	LowerBound	0,44				5636						
200	E6_50_214	1 of 1	0,1	LowerBound	0,44				5636						
200	E6_50_215	1 of 1	0,3	LowerBound	0,44				5636						
200	E6_50_216	1 of 1	0,5	LowerBound	0,44				5636						
200	E6_50_217	1 of 1	0	LowerBound	0,66				6744						
200	E6_50_218	1 of 1	0,1	LowerBound	0,66				6744						
200	E6_50_219	1 of 1	0,3	LowerBound	0,66				6744						
200	E6_50_220	1 of 1	0,5	LowerBound	0,66				6744						
200	E6_50_221	1 of 1	0	LowerBound	0,88				7588						
200	E6_50_222	1 of 1	0,1	LowerBound	0,88				7588						
200	E6_50_223	1 of 1	0,3	LowerBound	0,88				7588						
200	E6_50_224	1 of 1	0,5	LowerBound	0,88				7588						
Random	E6_50_1	1 of 1	0	Heur1	0,22	1953,75	2178,5	140,932	4273,182	367	0,59128	0,1662	0,03	0,0027	0
Random	E6_50_2	1 of 1	0	Heur2	0,22	2710	2953,75	3,18546	5666,93546	407	52,6%	5,7%	0,0%	0,0%	0,0%
Random	E6_50_3	1 of 1	0	Heur3	0,22	2035	2198,25	12,5043	4245,7543	378	57,1%	14,3%	3,7%	0,8%	0,0%
Random	E6_50_4	1 of 1	0	Heur1p	0,22	2141,25	2107,5	37,4122	4286,1622	389	56,0%	12,6%	3,3%	0,8%	0,0%
Random	E6_50_5	1 of 1	0	Heur2p	0,22	2707,5	2965,75	3,18546	5676,43546	430	50,0%	0,2%	0,0%	0,0%	0,0%
Random	E6_50_6	1 of 1	0	Heur3p	0,22	2135	2114,5	34,6943	4284,1943	379	59,9%	17,7%	1,8%	0,3%	0,0%
Random	E6_50_7	1 of 1	0	Heur4	0,22	1903,75	2207	340,068	4450,818	350	58,9%	20,0%	5,7%	1,4%	0,0%
Random	E6_50_8	1 of 1	0	Heur5	0,22	2707,5	2999,25	1,40325	5708,15325	372	57,8%	19,1%	12,4%	6,2%	0,0%
Random	E6_50_9	1 of 1	0	Heur6	0,22	2000	2211,25	6,65805	4217,90805	381	56,7%	15,2%	1,8%	0,0%	0,0%
Random	E6_50_10	1 of 1	0	Heur7	0,22	1130	3973,25	174,155	5277,405	538	20,1%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Random	E6_50_11	1 of 1	0	Heur8	0,22	3105	2919,25	0	6024,25	573	46,4%	15,0%	5,8%	3,5%	0,0%
Random	E6_50_12	1 of 1	0	Heur9	0,22	3061,25	2901,75	0	5963	351	99,4%	90,9%	65,0%	32,8%	12,3%
Random	E6_50_13	1 of 1	0	Heur10	0,22	1916,25	2100,75	634,69	4651,69	205	98,0%	94,1%	89,3%	82,9%	74,1%
Random	E6_50_14	1 of 1	0	Heur1	0,44	2746,25	3146,75	741,265	6634,265	487	64,1%	26,7%	9,0%	3,1%	0,6%
Random	E6_50_15	1 of 1	0	Heur2	0,44	3723,75	4567,75	31,9757	8323,4757	578	55,4%	10,2%	3,3%	0,9%	0,0%

Efectos de la complejidad y la incertidumbre sobre el ELSP

Random	E6_50_16	1 of 1	0	Heur3	0,44	2770	3295,75	14,6769	6080,4269	565	57,0%	12,9%	3,7%	1,4%	0,4%
Random	E6_50_17	1 of 1	0	Heur1p	0,44	3158,75	2886,5	493,929	6539,179	555	59,8%	21,4%	7,2%	1,8%	0,4%
Random	E6_50_18	1 of 1	0	Heur2p	0,44	3892,5	3885,5	101,064	7879,064	536	62,7%	24,4%	9,1%	3,4%	0,9%
Random	E6_50_19	1 of 1	0	Heur3p	0,44	3243,75	2887,75	429,589	6561,089	546	59,0%	22,3%	8,6%	3,7%	0,9%
Random	E6_50_20	1 of 1	0	Heur4	0,44	2751,25	3261	167,044	6179,294	451	64,1%	32,6%	16,0%	7,1%	2,2%
Random	E6_50_21	1 of 1	0	Heur5	0,44	3727,5	4536,25	0	8263,75	417	75,5%	53,5%	45,6%	37,4%	29,5%
Random	E6_50_22	1 of 1	0	Heur6	0,44	2750	3270,5	59,6426	6080,1426	489	61,8%	26,2%	8,8%	2,0%	0,6%
Random	E6_50_23	1 of 1	0	Heur7	0,44	1756,25	4255,25	2482,16	8493,66	1026	18,1%	0,3%	0,0%	0,0%	0,0%
Random	E6_50_24	1 of 1	0	Heur8	0,44	4351,25	4353,75	0	8705	789	47,8%	17,4%	6,5%	2,8%	0,9%
Random	E6_50_25	1 of 1	0	Heur9	0,44	4053,75	4238,5	0	8292,25	493	100,0%	91,7%	69,0%	39,6%	16,2%
Random	E6_50_26	1 of 1	0	Heur10	0,44	2708,75	3068,75	2037,74	7815,24	299	99,0%	97,0%	93,0%	87,6%	79,3%
Random	E6_50_27	1 of 1	0	Heur1	0,66	3371,25	4010,5	1136,5	8518,25	518	71,4%	40,2%	21,0%	10,8%	4,8%
Random	E6_50_28	1 of 1	0	Heur2	0,66	4398,75	5441,25	33,1271	9873,1271	559	68,2%	36,3%	21,8%	14,5%	8,2%
Random	E6_50_29	1 of 1	0	Heur3	0,66	3370	4010,25	99,3249	7479,5749	514	73,5%	46,1%	29,6%	17,3%	9,5%
Random	E6_50_30	1 of 1	0	Heur1p	0,66	4313,75	3000,25	3447,67	10761,67	610	61,0%	32,0%	15,2%	4,6%	1,0%
Random	E6_50_31	1 of 1	0	Heur2p	0,66	5595	3942,25	801,554	10338,804	584	69,2%	40,1%	21,9%	11,3%	5,7%
Random	E6_50_32	1 of 1	0	Heur3p	0,66	4788,75	2706,5	3678,49	11173,74	609	60,3%	32,5%	16,4%	7,4%	2,3%
Random	E6_50_33	1 of 1	0	Heur4	0,66	3201,25	4166,75	248,684	7616,684	503	68,0%	38,0%	21,9%	12,7%	6,6%
Random	E6_50_34	1 of 1	0	Heur5	0,66	4400	5958,75	24,0856	10382,8356	446	81,8%	64,6%	47,8%	31,2%	22,2%
Random	E6_50_35	1 of 1	0	Heur6	0,66	3343,75	4175,5	123,026	7642,276	507	69,6%	41,4%	23,5%	13,8%	5,1%
Random	E6_50_36	1 of 1	0	Heur7	0,66	2266,25	5325	2473,61	10064,86	1496	15,9%	0,2%	0,0%	0,0%	0,0%
Random	E6_50_37	1 of 1	0	Heur8	0,66	5130	5495	0	10625	844	63,0%	40,0%	29,7%	20,4%	10,5%
Random	E6_50_38	1 of 1	0	Heur9	0,66	4776,25	5253,75	0	10030	576	100,0%	91,0%	70,8%	43,9%	22,2%
Random	E6_50_39	1 of 1	0	Heur10	0,66	3327,5	3922,25	2409,23	9658,98	367	98,6%	96,2%	91,8%	85,6%	78,2%
Random	E6_50_40	1 of 1	0	Heur1	0,88	3521,25	4295	6545,4	14361,65	487	66,5%	39,2%	23,6%	12,3%	5,5%
Random	E6_50_41	1 of 1	0	Heur2	0,88	4950	5345	253,385	10548,385	528	78,6%	58,7%	40,9%	31,3%	25,2%
Random	E6_50_42	1 of 1	0	Heur3	0,88	3577,5	4264,5	5484,68	13326,68	486	72,2%	46,5%	29,0%	15,8%	7,0%
Random	E6_50_43	1 of 1	0	Heur1p	0,88	4447,5	2117	20527,6	27092,1	606	52,6%	21,0%	8,6%	3,0%	0,7%
Random	E6_50_44	1 of 1	0	Heur2p	0,88	5362,5	2593	14840,1	22795,6	557	49,9%	21,9%	9,9%	4,8%	2,5%
Random	E6_50_45	1 of 1	0	Heur3p	0,88	4423,75	2074,5	20952	27450,25	599	52,6%	22,2%	9,5%	3,3%	0,7%
Random	E6_50_46	1 of 1	0	Heur4	0,88	3288,75	4545,5	7276,37	15110,62	443	62,5%	35,2%	19,2%	9,3%	4,3%
Random	E6_50_47	1 of 1	0	Heur5	0,88	4922,5	7528,25	2,69088	12453,44088	522	82,2%	64,9%	47,9%	39,5%	31,2%
Random	E6_50_48	1 of 1	0	Heur6	0,88	3340	4627,5	4994,39	12961,89	447	69,8%	46,3%	31,1%	19,7%	11,9%
Random	E6_50_49	1 of 1	0	Heur7	0,88	2396,25	5140,5	10271,8	17808,55	1794	15,1%	0,3%	0,0%	0,0%	0,0%
Random	E6_50_50	1 of 1	0	Heur8	0,88	4707,5	5746,75	2,52494	10456,77494	633	78,2%	60,2%	40,8%	27,0%	15,5%
Random	E6_50_51	1 of 1	0	Heur9	0,88	4931,25	4978,5	554,415	10464,165	551	100,0%	98,0%	88,0%	63,3%	32,7%
Random	E6_50_52	1 of 1	0	Heur10	0,88	3876,25	5442,5	1918,31	11237,06	445	99,6%	98,7%	96,6%	93,7%	90,1%
Random	E6_50_53	10 of 10	0,1	Heur1	0,22	1890,75	3616,98	87,7386	5595,4686	378,9	57,0%	12,9%	2,3%	0,4%	0,1%
Random	E6_50_54	10 of 10	0,1	Heur2	0,22	2535	4444,68	11,0871	6990,7671	379	56,9%	12,5%	2,2%	0,5%	0,1%
Random	E6_50_55	10 of 10	0,1	Heur3	0,22	1902,13	3617,1	14,3597	5533,5897	390,3	55,6%	10,5%	2,1%	0,5%	0,1%
Random	E6_50_56	10 of 10	0,1	Heur1p	0,22	2030,63	3519,7	70,2757	5620,6057	392,2	55,6%	12,4%	2,6%	0,4%	0,1%
Random	E6_50_57	10 of 10	0,1	Heur2p	0,22	2575,13	4387,88	8,43549	6971,44549	397,3	55,0%	8,9%	1,1%	0,1%	0,0%
Random	E6_50_58	10 of 10	0,1	Heur3p	0,22	1987,25	3560,55	31,4891	5579,2891	403,6	54,2%	8,9%	1,8%	0,4%	0,1%
Random	E6_50_59	10 of 10	0,1	Heur4	0,22	1854,75	3635,45	276,687	5766,887	357,2	55,7%	15,6%	3,9%	0,8%	0,1%
Random	E6_50_60	10 of 10	0,1	Heur5	0,22	2500,13	4490,75	5,88348	6996,76348	332,1	57,0%	20,8%	8,8%	3,7%	1,3%
Random	E6_50_61	10 of 10	0,1	Heur6	0,22	1904,75	3618,83	22,4489	5546,0289	346,2	57,2%	19,7%	6,1%	2,1%	0,4%
Random	E6_50_62	10 of 10	0,1	Heur7	0,22	1072	5248,18	169,255	6489,435	542,3	20,2%	0,2%	0,0%	0,0%	0,0%
Random	E6_50_63	10 of 10	0,1	Heur8	0,22	3155,25	4442,08	0	7597,33	639,7	41,9%	11,3%	1,5%	0,3%	0,0%
Random	E6_50_64	10 of 10	0,1	Heur9	0,22	3039,5	4388,8	0	7428,3	352,1	97,3%	84,0%	56,9%	27,4%	8,9%
Random	E6_50_65	10 of 10	0,1	Heur10	0,22	1851,25	3588,25	612,216	6051,716	205	98,6%	95,3%	90,3%	83,8%	75,7%
Random	E6_50_66	10 of 10	0,1	Heur1	0,44	2711	3199,7	898,808	6809,508	489	63,1%	24,4%	9,1%	3,3%	0,9%
Random	E6_50_67	10 of 10	0,1	Heur2	0,44	3695	4605,78	21,5366	8322,3166	548	57,9%	14,7%	3,6%	1,1%	0,4%
Random	E6_50_68	10 of 10	0,1	Heur3	0,44	2783,5	3326,85	36,0328	6146,3828	538,5	58,7%	16,6%	4,4%	1,2%	0,3%
Random	E6_50_69	10 of 10	0,1	Heur1p	0,44	3146,25	2958,33	367,828	6472,408	549	59,9%	21,3%	6,9%	2,2%	0,7%
Random	E6_50_70	10 of 10	0,1	Heur2p	0,44	4035,88	3906,03	139,273	8081,183	547,5	62,5%	23,0%	8,3%	3,0%	0,9%
Random	E6_50_71	10 of 10	0,1	Heur3p	0,44	3148	2965,98	349,539	6463,519	548,9	59,1%	21,3%	7,3%	2,3%	0,7%
Random	E6_50_72	10 of 10	0,1	Heur4	0,44	2702,63	3323,9	178,598	6205,128	462,5	61,9%	27,3%	12,3%	4,6%	1,4%
Random	E6_50_73	10 of 10	0,1	Heur5	0,44	3713,88	4630,98	16,1726	8361,0326	425,7	66,0%	37,0%	23,3%	14,8%	9,1%
Random	E6_50_74	10 of 10	0,1	Heur6	0,44	2732,88	3329,9	64,4071	6127,1871	476,4	61,8%	26,6%	10,9%	4,0%	1,2%
Random	E6_50_75	10 of 10	0,1	Heur7	0,44	1807,88	4543,65	1409,69	7761,22	1050,3	18,1%	0,3%	0,0%	0,0%	0,0%
Random	E6_50_76	10 of 10	0,1	Heur8	0,44	4357,38	4524,95	0	8882,33	822,5	47,1%	17,2%	4,6%	1,3%	0,4%
Random	E6_50_77	10 of 10	0,1	Heur9	0,44	4188,13	4436,88	0	8625,01	496,9	97,6%	85,7%	60,2%	32,8%	12,9%
Random	E6_50_78	10 of 10	0,1	Heur10	0,44	2679,75	3057,05	1920,2	7657	300,6	98,0%	94,3%	88,6%	80,8%	72,1%
Random	E6_50_79	10 of 10	0,1	Heur1	0,66	3326	4032,75	978,858	8337,608	522,8	69,0%	37,9%	20,5%	10,2%	4,2%
Random	E6_50_80	10 of 10	0,1	Heur2	0,66	4397,38	5876,35	50,9805	10324,7105	603	63,8%	26,3%	10,7%	4,3%	1,9%
Random	E6_50_81	10 of 10	0,1	Heur3	0,66	3350,25	4066,93	328,478	7745,658	536,4	69,9%	38,6%	21,1%	11,0%	5,1%
Random	E6_50_82	10 of 10	0,1	Heur1p	0,66	4445,5	2920,48	3282,64	10648,62	612,8	60,3%	31,2%	13,7%	4,5%	1,0%
Random	E6_50_83	10 of 10	0,1	Heur2p	0,66	5407,5	4025,23	704,769	10137,499	585,2	68,9%	40,3%	22,0%	11,4%	5,6%
Random	E6_50_84	10 of 10	0,1	Heur3p	0,66	4688,38	2865,35	3098,3	10652,03	616,5	61,3%	33,1%	15,3%	5,1%	1,0%
Random	E6_50_85	10 of 10	0,1	Heur4	0,66	3227,88	4179,98	618,584	8026,444	497,1	66,2%	36,6%	20,3%	10,3%	4,7%



Random	E6_50_86	10 of 10	0,1	Heur5	0,66	4400	6089	17,3068	10506,3068	524,5	65,7%	36,8%	18,1%	8,5%	4,3%
Random	E6_50_87	10 of 10	0,1	Heur6	0,66	3252,38	4188,18	377,628	7818,188	518,6	66,4%	36,2%	20,9%	11,5%	5,8%
Random	E6_50_88	10 of 10	0,1	Heur7	0,66	2226,5	5312,33	3031,32	10570,15	1493,8	16,3%	0,4%	0,0%	0,0%	0,0%
Random	E6_50_89	10 of 10	0,1	Heur8	0,66	4813,75	5493,8	0	10307,55	805,5	61,3%	0,3%	22,9%	14,4%	7,2%
Random	E6_50_90	10 of 10	0,1	Heur9	0,66	4678,13	5395,33	4,20668	10077,66668	560,3	97,9%	87,0%	65,6%	38,6%	16,0%
Random	E6_50_91	10 of 10	0,1	Heur10	0,66	3285,36	3890,07	3298,77	10474,2	368,857	98,3%	94,7%	88,4%	80,0%	70,4%
Random	E6_50_92	10 of 10	0,1	Heur1	0,88	3564,5	4300,15	5998,71	13863,36	489	68,0%	40,6%	23,6%	12,0%	5,2%
Random	E6_50_93	10 of 10	0,1	Heur2	0,88	4867,75	6884,28	205,82	11957,85	527	77,2%	54,3%	37,5%	25,2%	16,9%
Random	E6_50_94	10 of 10	0,1	Heur3	0,88	3631,25	4274,53	4784,19	12689,97	480,5	71,4%	46,3%	29,2%	16,0%	7,6%
Random	E6_50_95	10 of 10	0,1	Heur1p	0,88	4435,25	2143,65	20341,5	26920,4	590,5	51,2%	21,1%	8,3%	2,9%	0,8%
Random	E6_50_96	10 of 10	0,1	Heur2p	0,88	5289,63	2706,48	12895	20891,11	559,4	53,7%	25,7%	12,4%	5,8%	2,3%
Random	E6_50_97	10 of 10	0,1	Heur3p	0,88	4539,63	2061,48	20751,3	27352,41	594,4	50,5%	21,2%	8,1%	3,1%	0,8%
Random	E6_50_98	10 of 10	0,1	Heur4	0,88	3216	4526,63	7773,19	15515,82	444,2	62,4%	34,6%	19,2%	9,7%	4,5%
Random	E6_50_99	10 of 10	0,1	Heur5	0,88	4920,75	7521,53	23,0175	12465,2975	520,1	74,7%	53,7%	37,2%	24,9%	15,3%
Random	E6_50_100	10 of 10	0,1	Heur6	0,88	3324,75	4661,98	5153,06	13139,79	449,5	65,0%	39,4%	24,9%	14,5%	7,2%
Random	E6_50_101	10 of 10	0,1	Heur7	0,88	2489,63	5127,95	10000,1	17617,68	1811,6	15,7%	0,5%	0,0%	0,0%	0,0%
Random	E6_50_102	10 of 10	0,1	Heur8	0,88	4660,38	5944,68	17,6389	10622,6989	618,5	78,3%	59,7%	42,2%	26,7%	13,5%
Random	E6_50_103	10 of 10	0,1	Heur9	0,88	4573	5302,93	356,704	10232,634	525,8	97,5%	92,1%	78,4%	53,8%	26,2%
Random	E6_50_104	10 of 10	0,1	Heur10	0,88	3890,25	5418,75	1887,01	11196,01	446,6	98,6%	95,4%	90,1%	83,1%	74,2%
Random	E6_50_105	10 of 10	0,3	Heur1	0,22	1887,38	3658,53	46,725	5592,635	382,7	56,8%	12,6%	2,4%	0,2%	0,0%
Random	E6_50_106	10 of 10	0,3	Heur2	0,22	2531,25	4458,9	14,0405	7004,1905	372,6	58,3%	14,8%	3,9%	1,1%	0,3%
Random	E6_50_107	10 of 10	0,3	Heur3	0,22	1903,75	3642,08	29,2434	5575,0734	381,4	57,9%	13,9%	2,8%	0,6%	0,1%
Random	E6_50_108	10 of 10	0,3	Heur1p	0,22	2004,88	3578,35	47,67	5630,9	393,7	54,1%	11,0%	2,0%	0,3%	0,0%
Random	E6_50_109	10 of 10	0,3	Heur2p	0,22	2635,75	4314,18	19,0437	6968,9737	390,6	57,2%	13,1%	2,4%	0,4%	0,1%
Random	E6_50_110	10 of 10	0,3	Heur3p	0,22	2009,75	3575,73	38,0533	5623,5333	398,1	55,1%	11,2%	2,0%	0,3%	0,1%
Random	E6_50_111	10 of 10	0,3	Heur4	0,22	1848	3670,08	275,661	5793,741	359,9	51,6%	12,1%	2,4%	0,6%	0,1%
Random	E6_50_112	10 of 10	0,3	Heur5	0,22	2499,25	4536,9	26,7029	7062,8529	353,3	49,1%	13,0%	3,2%	0,8%	0,1%
Random	E6_50_113	10 of 10	0,3	Heur6	0,22	1899,75	3667,4	86,5454	5653,6954	349,4	52,3%	15,4%	3,3%	0,7%	0,1%
Random	E6_50_114	10 of 10	0,3	Heur7	0,22	1088,38	5282,85	91,4448	6462,6748	545,3	20,4%	0,3%	0,0%	0,0%	0,0%
Random	E6_50_115	10 of 10	0,3	Heur8	0,22	3115,63	4604,83	0	7720,46	640,2	43,0%	11,7%	1,6%	0,1%	0,0%
Random	E6_50_116	10 of 10	0,3	Heur9	0,22	3006,63	4558,08	0	7564,71	349,8	92,0%	74,3%	46,8%	20,7%	5,8%
Random	E6_50_117	10 of 10	0,3	Heur10	0,22	1839,38	3886,41	709,461	6435,401	204,75	97,7%	93,5%	87,4%	79,6%	70,0%
Random	E6_50_118	10 of 10	0,3	Heur1	0,44	2748,38	3287,05	406,992	6442,422	498,5	62,7%	24,0%	8,9%	2,9%	0,7%
Random	E6_50_119	10 of 10	0,3	Heur2	0,44	3667,13	4564,15	65,1859	8296,4659	514,6	62,2%	22,0%	6,8%	1,9%	0,5%
Random	E6_50_120	10 of 10	0,3	Heur3	0,44	2773,25	3314,53	184,134	6271,914	512,6	62,5%	23,1%	8,2%	2,7%	0,7%
Random	E6_50_121	10 of 10	0,3	Heur1p	0,44	3141	3015,83	279,704	6436,534	546,2	59,6%	22,1%	7,4%	2,1%	0,5%
Random	E6_50_122	10 of 10	0,3	Heur2p	0,44	4121,88	3751,88	192,14	8065,9	538,8	64,5%	27,3%	10,3%	3,8%	1,3%
Random	E6_50_123	10 of 10	0,3	Heur3p	0,44	3152,13	3003,23	325,67	6481,03	545,3	59,5%	22,4%	7,7%	2,2%	0,6%
Random	E6_50_124	10 of 10	0,3	Heur4	0,44	2705,63	3374,15	245,408	6325,188	464,4	57,1%	22,2%	8,5%	2,8%	0,7%
Random	E6_50_125	10 of 10	0,3	Heur5	0,44	3717,13	4698,18	56,5394	8471,8494	462,1	52,0%	19,1%	6,5%	2,3%	0,7%
Random	E6_50_126	10 of 10	0,3	Heur6	0,44	2728,75	3382,28	149,704	6260,734	474,6	56,6%	21,0%	7,3%	2,4%	0,5%
Random	E6_50_127	10 of 10	0,3	Heur7	0,44	1807,38	4648,4	891,257	7347,037	1058,4	18,3%	0,5%	0,0%	0,0%	0,0%
Random	E6_50_128	10 of 10	0,3	Heur8	0,44	4325,75	4795,7	0	9121,45	816,2	47,6%	16,5%	4,4%	0,9%	0,1%
Random	E6_50_129	10 of 10	0,3	Heur9	0,44	4161,75	4717,75	0	8879,5	492,4	93,4%	77,7%	52,3%	25,0%	7,8%
Random	E6_50_130	10 of 10	0,3	Heur10	0,44	2663,75	3051,44	2133,36	7848,55	300,75	97,7%	92,9%	85,0%	75,4%	64,0%
Random	E6_50_131	10 of 10	0,3	Heur1	0,66	3311,88	4031,03	1147,09	8490	518,8	68,8%	37,5%	19,7%	9,5%	3,7%
Random	E6_50_132	10 of 10	0,3	Heur2	0,66	4369,75	5857,1	213,133	10439,983	553,9	67,7%	33,0%	14,7%	6,2%	2,3%
Random	E6_50_133	10 of 10	0,3	Heur3	0,66	3332,88	4087,65	829,617	8250,147	537,9	67,7%	35,0%	17,0%	7,6%	2,9%
Random	E6_50_134	10 of 10	0,3	Heur1p	0,66	4440,38	3008,73	2920,33	10369,44	610,8	58,6%	30,4%	13,0%	3,9%	0,9%
Random	E6_50_135	10 of 10	0,3	Heur2p	0,66	5347,88	4052,4	809,443	10249,723	588,5	66,4%	36,7%	19,1%	9,3%	4,3%
Random	E6_50_136	10 of 10	0,3	Heur3p	0,66	4743,88	2848,38	3079,83	10672,09	618,6	59,1%	31,1%	13,3%	4,0%	0,8%
Random	E6_50_137	10 of 10	0,3	Heur4	0,66	3230,88	4251,83	587,089	8069,799	495,8	62,1%	31,7%	15,7%	7,2%	3,1%
Random	E6_50_138	10 of 10	0,3	Heur5	0,66	4400	6165,18	68,5234	10633,7034	565,7	52,4%	20,4%	5,6%	1,5%	0,4%
Random	E6_50_139	10 of 10	0,3	Heur6	0,66	3269,88	4298	309,614	7877,494	529,1	60,0%	28,3%	14,0%	6,9%	2,9%
Random	E6_50_140	10 of 10	0,3	Heur7	0,66	2227,88	5397,88	2682,4	10308,16	1497,8	16,3%	0,4%	0,0%	0,0%	0,0%
Random	E6_50_141	10 of 10	0,3	Heur8	0,66	4808,75	5866,08	0	10674,83	793,7	59,6%	31,8%	17,4%	8,8%	3,7%
Random	E6_50_142	10 of 10	0,3	Heur9	0,66	4631,75	5745,13	0	10376,88	555	93,6%	78,5%	53,6%	28,6%	10,6%
Random	E6_50_143	10 of 10	0,3	Heur10	0,66	3291,25	3882,06	3589,43	10762,74	370,125	96,6%	90,2%	81,2%	69,7%	56,7%
Random	E6_50_144	10 of 10	0,3	Heur1	0,88	3568,13	4373,2	5910,17	13851,5	491,6	69,1%	41,6%	23,6%	12,3%	5,2%
Random	E6_50_145	10 of 10	0,3	Heur2	0,88	4754,13	6666,83	659,559	12080,519	489,9	77,0%	53,8%	36,1%	23,5%	14,9%
Random	E6_50_146	10 of 10	0,3	Heur3	0,88	3637,63	4344,25	5003,19	12985,07	488	71,0%	46,1%	28,3%	15,4%	7,0%
Random	E6_50_147	10 of 10	0,3	Heur1p	0,88	4429,5	2148,4	20933,9	27511,8	592,2	50,2%	20,6%	8,2%	3,4%	0,9%
Random	E6_50_148	10 of 10	0,3	Heur2p	0,88	5242,13	2742,65	12164,1	20148,88	560,1	53,3%	24,4%	11,6%	5,0%	1,9%
Random	E6_50_149	10 of 10	0,3	Heur3p	0,88	4557	2042,93	21160,5	27760,43	597,4	48,9%	18,9%	7,2%	2,4%	0,7%
Random	E6_50_150	10 of 10	0,3	Heur4	0,88	3254,75	4632,28	7077,8	14964,83	445,7	60,2%	32,1%	17,4%	8,5%	3,7%
Random	E6_50_151	10 of 10	0,3	Heur5	0,88	4886,38	7582,68	97,3929	12566,4529	511,9	59,7%	33,8%	18,6%	10,1%	5,3%
Random	E6_50_152	10 of 10	0,3	Heur6	0,88	3319	4706,75	5400,93	13426,68	446	62,8%	36,3%	22,2%	12,4%	5,9%
Random	E6_50_153	10 of 10	0,3	Heur7	0,88	2467,5	5299,95	9275,11	17042,56	1819,8	15,4%	0,5%	0,0%	0,0%	0,0%
Random	E6_50_154	10 of 10	0,3	Heur8	0,88	4634	6389	16,0125	11039,0125	608,3	75,6%	2,0%	0,1%	0,0%	0,0%
Random	E6_50_155	10 of 10	0,3	Heur9	0,88	4399,5	5923,08	236,231	10558,811	511,6	93,8%	83,4%	65,0%	38,8%	16,0%

Efectos de la complejidad y la incertidumbre sobre el ELSP

Random	E6_50_156	10 of 10	0,3	Heur10	0,88	3851,56	5197,31	2666,34	11715,21	449,25	96,9%	90,8%	81,9%	70,8%	58,7%
Random	E6_50_157	10 of 10	0,5	Heur1	0,22	1911,88	3659,25	46,4277	5617,5577	387,1	56,8%	12,7%	2,4%	0,4%	0,0%
Random	E6_50_158	10 of 10	0,5	Heur2	0,22	2557,63	4470,93	11,7714	7040,3314	374,8	59,4%	16,5%	4,0%	1,1%	0,3%
Random	E6_50_159	10 of 10	0,5	Heur3	0,22	1909	3649,55	33,0487	5591,5987	389,8	57,2%	13,7%	2,6%	0,4%	0,0%
Random	E6_50_160	10 of 10	0,5	Heur1p	0,22	2002,63	3590,33	52,0731	5645,0331	399,2	55,1%	11,5%	1,7%	0,4%	0,0%
Random	E6_50_161	10 of 10	0,5	Heur2p	0,22	2663,38	4297,95	11,1946	6972,5246	395,4	57,0%	13,1%	2,1%	0,4%	0,1%
Random	E6_50_162	10 of 10	0,5	Heur3p	0,22	2033	3568,68	41,4266	5643,1066	399,9	55,6%	12,8%	2,4%	0,3%	0,0%
Random	E6_50_163	10 of 10	0,5	Heur4	0,22	1854,5	3660,7	392,018	5907,218	360,7	48,3%	10,9%	2,1%	0,5%	0,0%
Random	E6_50_164	10 of 10	0,5	Heur5	0,22	2498,75	4529,58	97,0229	7125,3529	355,7	44,6%	10,5%	1,9%	0,3%	0,1%
Random	E6_50_165	10 of 10	0,5	Heur6	0,22	1903,25	3667,98	201,999	5773,229	350,9	48,2%	12,9%	2,5%	0,4%	0,1%
Random	E6_50_166	10 of 10	0,5	Heur7	0,22	1088,63	5271,1	63,8016	6423,5316	552,2	20,7%	0,5%	0,0%	0,0%	0,0%
Random	E6_50_167	10 of 10	0,5	Heur8	0,22	3135,25	4748,43	0	7883,68	644,9	43,8%	11,9%	1,6%	0,1%	0,0%
Random	E6_50_168	10 of 10	0,5	Heur9	0,22	3006,63	4706,1	0	7712,73	351,4	90,4%	71,5%	43,1%	17,6%	4,8%
Random	E6_50_169	10 of 10	0,5	Heur10	0,22	1836,72	3880,78	709,213	6426,713	206,25	97,2%	91,3%	82,6%	72,5%	61,5%
Random	E6_50_170	10 of 10	0,5	Heur1	0,44	2776,63	3322,03	397,704	6496,364	509,2	61,9%	22,5%	7,4%	2,3%	0,6%
Random	E6_50_171	10 of 10	0,5	Heur2	0,44	3675,63	4622,58	108,901	8407,111	498,9	63,9%	26,0%	9,7%	3,5%	1,3%
Random	E6_50_172	10 of 10	0,5	Heur3	0,44	2778,25	3326,58	354,47	6459,3	511,8	61,7%	23,0%	7,9%	2,3%	0,4%
Random	E6_50_173	10 of 10	0,5	Heur1p	0,44	3208,63	3030,48	319,2	6558,31	551,2	59,8%	22,6%	7,4%	2,0%	0,5%
Random	E6_50_174	10 of 10	0,5	Heur2p	0,44	4122,13	3835,1	129,659	8086,889	539,8	64,4%	27,7%	9,9%	3,2%	0,9%
Random	E6_50_175	10 of 10	0,5	Heur3p	0,44	3215,13	3009,38	363,694	6588,204	550,3	59,2%	22,0%	7,5%	2,2%	0,5%
Random	E6_50_176	10 of 10	0,5	Heur4	0,44	2701,75	3408,88	457,169	6567,799	471,2	52,1%	18,3%	6,3%	2,1%	0,6%
Random	E6_50_177	10 of 10	0,5	Heur5	0,44	3712,38	4696	142,443	8550,823	473,9	48,2%	16,3%	4,9%	1,8%	0,7%
Random	E6_50_178	10 of 10	0,5	Heur6	0,44	2727,63	3414,85	353,01	6495,49	479,1	50,8%	16,3%	4,9%	1,3%	0,3%
Random	E6_50_179	10 of 10	0,5	Heur7	0,44	1811,38	4661,48	978,755	7451,615	1068,7	18,6%	0,4%	0,0%	0,0%	0,0%
Random	E6_50_180	10 of 10	0,5	Heur8	0,44	4303,25	5063,5	0	9366,75	806,8	48,7%	16,8%	4,4%	1,0%	0,2%
Random	E6_50_181	10 of 10	0,5	Heur9	0,44	4155,88	4980,23	0	9136,11	493,6	88,9%	70,4%	44,2%	19,0%	5,2%
Random	E6_50_182	10 of 10	0,5	Heur10	0,44	2736,25	3055,5	2256,44	8048,19	303	95,8%	88,8%	78,9%	67,2%	54,6%
Random	E6_50_183	10 of 10	0,5	Heur1	0,66	3304,63	4023,73	1526,59	8854,95	517,9	68,3%	36,6%	18,0%	7,6%	2,5%
Random	E6_50_184	10 of 10	0,5	Heur2	0,66	4327	5922,08	381,537	10630,617	534,1	68,5%	35,4%	16,9%	7,6%	3,2%
Random	E6_50_185	10 of 10	0,5	Heur3	0,66	3328,63	4030,6	1191,34	8550,57	522,3	69,1%	38,0%	19,2%	8,9%	3,5%
Random	E6_50_186	10 of 10	0,5	Heur1p	0,66	4579,88	2936,68	3372,31	10888,87	613,3	58,3%	29,5%	11,9%	3,4%	0,7%
Random	E6_50_187	10 of 10	0,5	Heur2p	0,66	5498,75	4086,43	693,954	10279,134	593,7	66,6%	37,0%	18,7%	9,2%	4,0%
Random	E6_50_188	10 of 10	0,5	Heur3p	0,66	4809,25	2870,53	3011,79	10691,57	621,6	58,7%	31,6%	13,3%	3,9%	0,8%
Random	E6_50_189	10 of 10	0,5	Heur4	0,66	3206,5	4285,88	896,99	8389,37	496,4	56,7%	26,1%	12,1%	5,4%	2,1%
Random	E6_50_190	10 of 10	0,5	Heur5	0,66	4400	6171,08	161,574	10732,654	569,7	48,1%	16,8%	4,1%	1,0%	0,2%
Random	E6_50_191	10 of 10	0,5	Heur6	0,66	3275,5	4326,43	642,632	8244,562	522,8	54,8%	23,2%	10,3%	4,4%	1,7%
Random	E6_50_192	10 of 10	0,5	Heur7	0,66	2239,63	5427,4	2592,78	10259,81	1518	16,2%	0,4%	0,0%	0,0%	0,0%
Random	E6_50_193	10 of 10	0,5	Heur8	0,66	4835,63	6232,95	0	11068,58	795,9	58,0%	27,9%	12,8%	5,2%	1,7%
Random	E6_50_194	10 of 10	0,5	Heur9	0,66	4607	6070,1	0	10677,1	550,4	89,2%	71,0%	46,0%	21,5%	7,1%
Random	E6_50_195	10 of 10	0,5	Heur10	0,66	3300,97	3819,03	4083,53	11203,53	369,667	95,8%	88,3%	77,7%	64,7%	50,3%
Random	E6_50_196	10 of 10	0,5	Heur1	0,88	3603,88	4381,2	5709,77	13694,85	489,3	69,3%	42,6%	25,2%	13,1%	5,3%
Random	E6_50_197	10 of 10	0,5	Heur2	0,88	4755,88	6671,4	1068,97	12496,25	471,8	76,5%	52,6%	34,8%	22,2%	13,3%
Random	E6_50_198	10 of 10	0,5	Heur3	0,88	3634,75	4379,4	5616,19	13630,34	485,8	70,4%	44,1%	26,1%	13,6%	5,4%
Random	E6_50_199	10 of 10	0,5	Heur1p	0,88	4419	2125,43	21806,7	28351,13	591,4	49,5%	19,7%	7,5%	2,8%	0,7%
Random	E6_50_200	10 of 10	0,5	Heur2p	0,88	5317,88	2692,88	13320,3	21331,06	560,8	55,1%	25,1%	10,9%	4,7%	2,1%
Random	E6_50_201	10 of 10	0,5	Heur3p	0,88	4512,88	2044,43	22534,7	29092,01	599,3	49,8%	20,5%	8,2%	2,8%	0,8%
Random	E6_50_202	10 of 10	0,5	Heur4	0,88	3243,88	4673,33	7466,86	15384,07	440,6	58,1%	30,4%	15,5%	7,3%	2,5%
Random	E6_50_203	10 of 10	0,5	Heur5	0,88	4821,5	7522,3	248,688	12592,488	488,4	56,5%	30,4%	16,3%	8,8%	4,8%
Random	E6_50_204	10 of 10	0,5	Heur6	0,88	3298,13	4713,35	6132,56	14144,04	446,2	59,5%	32,2%	17,7%	8,9%	3,6%
Random	E6_50_205	10 of 10	0,5	Heur7	0,88	2446,13	5368,3	9914,37	17728,8	1829	15,3%	0,6%	0,0%	0,0%	0,0%
Random	E6_50_206	10 of 10	0,5	Heur8	0,88	4489	6654,63	50,8473	11194,4773	580,5	74,9%	53,3%	32,4%	16,4%	6,1%
Random	E6_50_207	10 of 10	0,5	Heur9	0,88	4274,5	6326,78	206,727	10808,007	497,6	89,2%	74,4%	54,2%	29,6%	11,5%
Random	E6_50_208	10 of 10	0,5	Heur10	0,88	3887,08	5088,83	3284,27	12260,18	449,333	96,1%	88,9%	79,2%	66,7%	52,9%
Random	E6_50_209	1 of 1	0	LowerBound	0,22				4074						
Random	E6_50_210	1 of 1	0,1	LowerBound	0,22				4074						
Random	E6_50_211	1 of 1	0,3	LowerBound	0,22				4074						
Random	E6_50_212	1 of 1	0,5	LowerBound	0,22				4074						
Random	E6_50_213	1 of 1	0	LowerBound	0,44				5636						
Random	E6_50_214	1 of 1	0,1	LowerBound	0,44				5636						
Random	E6_50_215	1 of 1	0,3	LowerBound	0,44				5636						
Random	E6_50_216	1 of 1	0,5	LowerBound	0,44				5636						
Random	E6_50_217	1 of 1	0	LowerBound	0,66				6744						
Random	E6_50_218	1 of 1	0,1	LowerBound	0,66				6744						
Random	E6_50_219	1 of 1	0,3	LowerBound	0,66				6744						
Random	E6_50_220	1 of 1	0,5	LowerBound	0,66				6744						
Random	E6_50_221	1 of 1	0	LowerBound	0,88				7588						
Random	E6_50_222	1 of 1	0,1	LowerBound	0,88				7588						
Random	E6_50_223	1 of 1	0,3	LowerBound	0,88				7588						
Random	E6_50_224	1 of 1	0,5	LowerBound	0,88				7588						

