



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



ESCUELA TÉCNICA
SUPERIOR INGENIEROS
INDUSTRIALES VALENCIA

TRABAJO FIN DE MASTER EN INGENIERÍA INDUSTRIAL

**DISEÑO DE UN SISTEMA AUTOMÁTICO DE
ORGANIZACIÓN DE TRABAJADORES DE
CAPACIDADES DIVERSAS EN
PUESTOS DE TRABAJO PARA UN CENTRO
ESPECIAL DE EMPLEO (ESPURNA CEE, SLU)**

AUTOR: MIGUEL BOSCH CALVO

TUTOR: JOSE PEDRO GARCIA SABATER

Curso Académico: 2018-19

RESUMEN

El trabajo que se presenta consiste en el diseño de un sistema de organización para un centro especial de empleo.

El documento constará de un análisis de la problemática del centro especial de empleo, un planteamiento de posibles soluciones, elección de una de ellas y desarrollo de esta. En el desarrollo se describirá el sistema de planificación y control que se ha diseñado para albergar los procesos y la herramienta de apoyo que permite automatizarlos. Posteriormente se describirá un plan de implantación y presupuesto.

El problema principal que se intentará resolver es el de la distribución de los trabajadores del centro en los distintos enclaves en los que pueden ser enviados. Hay una gran cantidad de empleados para situar y el problema se vuelve complicado.

Se resolverá aplicando un sistema de planificación para dividir el problema y definir las funciones de cada una de las partes y con la herramienta de apoyo se solucionará el reparto de los trabajadores.

De esta manera el resultado será un plan de actuación, una herramienta para llevar a cabo esas instrucciones y un plan para poner en marcha todo el sistema.

Palabras clave: Espurna, fundación, métodos cuantitativos, herramienta, sistema de planificación y control de operaciones.

ÍNDICE

Capítulo 1. Introducción.....	1
1.1 Motivación y justificación.....	1
1.2 Objeto del trabajo	1
1.3 Estructura del documento.....	1
Capítulo 2. Descripción del entorno.....	3
2.1 Introducción	3
2.2 Breve descripción de la fundación	3
2.3 Motivación e introducción al problema	4
2.4 Conclusión	4
Capítulo 3. Planteamiento del problema	5
3.1 Introducción	5
3.2 Descripción detallada del problema	5
3.2.1 Entorno del problema	5
3.2.2 Problemática	6
3.3 Condiciones de la solución	7
3.4 Conclusión	8
Capítulo 4. Propuesta y selección de la solución	9
4.1 Introducción	9
4.2 Planteamiento de alternativas	9
4.2.1 Alternativa 1: Organización departamental	9
4.2.2 Alternativa 2: organización a través de planes	10
4.2.3 Alternativa 3: Organización por clientes	11
4.3 Selección de alternativas.....	11
4.3.1 Criterios a evaluar	12

Diseño de un sistema automático de organización de trabajadores de capacidades diversas en puestos de trabajo para un Centro Especial de Empleo (Espurna CEE, SLU)

4.3.2	Evaluación de alternativas.....	13
4.3.3	Resultado.....	14
4.4	Conclusión	15
Capítulo 5. Sistema de planificación y control de operaciones.....		16
5.1	Introducción	16
5.2	Esquema simplificado.....	16
5.2.1	Componentes	17
5.2.2	Desarrollo y flujo de información.....	17
5.3	Plan anual	19
5.3.1	Descripción general	19
5.3.2	tabla descriptiva	20
5.3.3	Caso A.1 – Planificación anual	21
5.3.4	Caso A.2 – Revisión trimestral.....	26
5.3.5	Caso A.3 – Recálculo de emergencia.....	30
5.4	Plan semanal	34
5.4.1	Descripción general	35
5.4.2	Tabla descriptiva.....	35
5.4.3	Caso 1 – Planificación trimestral	36
5.4.4	Caso 2 – Confirmación trimestral	41
5.4.5	Caso 3 – Recálculo de emergencia	45
5.4.6	Caso 4 – Reestructuración del trimestre	49
5.5	Plan diario.....	53
5.5.1	Descripción general	53
5.5.2	Tabla descriptiva.....	54
5.5.3	Caso 1 – Comprobación diaria.....	55
5.5.4	Caso 2 - Emergencia	59
5.6	Conclusión	63
Capítulo 6. Diseño de modelos y algoritmos.....		65
6.1	Introducción	65

Diseño de un sistema automático de organización de trabajadores de capacidades diversas en puestos de trabajo para un Centro Especial de Empleo (Espurna CEE, SLU)

6.2	Procedimiento	65
6.2.1	Estructura de diseño.....	66
6.2.2	Modelo matemático y algoritmos de resolución	66
6.2.3	Software empleado	68
6.3	Plan Anual.....	69
6.3.1	Decisiones de diseño	69
6.3.2	Modelo matemático.....	71
6.3.3	Herramientas de Resolución del Modelo	76
6.3.4	Resultados	78
6.4	Plan Semanal	78
6.4.1	Decisiones de Diseño.....	78
6.4.2	Modelo Matemático.....	80
6.4.3	Herramientas de Resolución del Modelo	89
6.4.4	Resultados	91
6.5	Plan Diario	92
6.5.1	Decisiones de Diseño.....	92
6.5.2	Modelo Matemático.....	93
6.5.3	Herramientas de Resolución del Modelo	96
6.5.4	Resultados	97
6.6	Conclusión	98
Capítulo 7.	Base de datos.....	99
7.1	Introducción	99
7.2	Tablas.....	99
7.3	Esquema	100
7.4	Conclusión	101
Capítulo 8.	Diseño de detalle	102
8.1	Introducción	102
8.2	Tipo de herramienta.....	102
8.2.1	Herramienta manual	102

Diseño de un sistema automático de organización de trabajadores de capacidades diversas en puestos de trabajo para un Centro Especial de Empleo (Espurna CEE, SLU)

8.2.2	Herramienta automática	103
8.2.3	Decisión Final.....	104
8.3	Pantallas y navegación	104
8.3.1	Planificación anual.....	104
8.3.2	Planificación trimestral.....	105
8.3.3	Pantalla de usuarios	106
8.3.4	Pantalla de facilitadores	107
8.3.5	Pantalla de clientes.....	108
8.3.6	Pantalla de cálculo del plan anual	109
8.3.7	Pantalla de cálculo del plan semanal	110
8.3.8	Pantalla de cálculo del plan diario.....	111
8.3.9	Navegación	112
8.4	Conclusión	113
Capítulo 9. Plan de implantación.....		114
9.1	Introducción	114
9.2	Plan de formación	114
9.2.1	Implicados y funciones	114
9.2.2	Metodología	116
9.3	Calendario	117
9.4	Seguimiento.....	117
9.5	Conclusión	118
Capítulo 10. Presupuesto		119
10.1	Introducción	119
10.2	Desarrollo de los apartados	119
10.2.1	Análisis.....	119
10.2.2	Desarrollo del SPCO.....	119
10.2.3	Desarrollo del software	119
10.2.4	Implementación	120
10.3	Presupuesto desglosado.....	120

Diseño de un sistema automático de organización de trabajadores de capacidades diversas en puestos de trabajo para un Centro Especial de Empleo (Espurna CEE, SLU)

10.4	Conclusión	120
Capítulo 11.	Conclusión.....	121
Capítulo 12.	Bibliografía	122

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES Y TABLAS

Ilustración 1. Relación entre casos.....	19
Ilustración 2. Diagrama caso A.1	24
Ilustración 3. Calendario de uso A.1.....	25
Ilustración 4. Diagrama caso A.2	29
Ilustración 5. Calendario de uso A.2.....	30
Ilustración 6. Diagrama caso A.3	33
Ilustración 7. Calendario de uso A.3.....	34
Ilustración 8. Diagrama caso B.1	39
Ilustración 9. Calendario de uso B.1.....	40
Ilustración 10. Diagrama caso B.2	44
Ilustración 11. Calendario de uso B.2.....	45
Ilustración 12. Diagrama caso B.3	48
Ilustración 13. Diagrama caso B.4	52
Ilustración 14. Calendario de uso B.4.....	53
Ilustración 15. Diagrama caso C.1	58
Ilustración 16. Calendario de uso C.1.....	59
Ilustración 17. Diagrama caso C.2	62
Ilustración 18. Calendario de uso C.2.....	63
Ilustración 19. Código plan anual	77
Ilustración 20. Gráfico de resultados plan anual.....	78
Ilustración 21. Código plan semanal 1	90
Ilustración 22. Código plan semanal 2	91
Ilustración 23. Gráfico de resultados plan semanal	92
Ilustración 24. Código plan diario.....	97

Diseño de un sistema automático de organización de trabajadores de capacidades diversas en
puestos de trabajo para un Centro Especial de Empleo (Espurna CEE, SLU)

Ilustración 25. Gráfico de resultados plan diario	98
Ilustración 26. Base de datos	101
Ilustración 27. Pantalla planificación anual.....	105
Ilustración 28. Pantalla planificación trimestral.....	106
Ilustración 29. Pantalla de usuarios	107
Ilustración 30. Pantalla de facilitadores	108
Ilustración 31. Pantalla de clientes.....	109
Ilustración 32. Pantalla de cálculo del plan anual	110
Ilustración 33. Pantalla de cálculo del plan semanal	111
Ilustración 34. Pantalla de cálculo del plan diario.....	112
Ilustración 35. Navegación entre pantallas.....	113
Tabla 1. Ponderación de criterios AHP	13
Tabla 2. Ponderación de alternativas AHP	14
Tabla 3. Matriz AHP.....	15
Tabla 4. Casos de uso	19
Tabla 5. Plan anual	21
Tabla 6. Caso A.1	23
Tabla 7. Caso A.2	28
Tabla 8. Caso A.3	32
Tabla 9. Plan semanal.....	36
Tabla 10. Caso B.1	38
Tabla 11. Caso B.2	43
Tabla 12. Caso B.3	47
Tabla 13. Caso B.4	51
Tabla 14. Plan diario	55
Tabla 15. Caso C.1	57
Tabla 16. Caso C.2	61
Tabla 17. Índices y conjuntos plan anual.....	71

Diseño de un sistema automático de organización de trabajadores de capacidades diversas en
puestos de trabajo para un Centro Especial de Empleo (Espurna CEE, SLU)

Tabla 18. Parámetros plan anual.....	72
Tabla 19. Variables plan anual.....	72
Tabla 20. Restricciones plan anual	73
Tabla 21. Índices y conjuntos plan semanal.....	80
Tabla 22. Parámetros plan semanal.....	82
Tabla 23. Variables plan semanal.....	83
Tabla 24. Restricciones plan semanal	85
Tabla 25. Índices y conjuntos plan diario	93
Tabla 26. Parámetros plan diario	94
Tabla 27. Variables plan diario	94
Tabla 28. Restricciones plan diario.....	95
Tabla 29. Calendario de formación	117
Tabla 30. Presupuesto.....	120

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN

1.1 MOTIVACIÓN Y JUSTIFICACIÓN

Se ha escogido un proyecto que supone una importante motivación por diversas razones. La primera de estas tiene que ver con el estímulo a nivel intelectual del mismo.

Se observará a lo largo del desarrollo del documento que la problemática que envuelve el centro especial de empleo de la fundación Espurna es un problema complejo que supone un reto importante.

También es vital el hecho de que es una problemática muy relacionada con la dirección de operaciones, y se van a poder aplicar muchos de los conocimientos prácticos aprendidos durante la especialidad.

Por último, existe una motivación especial en poder prestar ayuda a una fundación como es Espurna, que lleva trabajando de manera desinteresada por la sociedad tantos años.

1.2 OBJETO DEL TRABAJO

El objeto de este trabajo de fin de máster que se presenta es la generación de un sistema automático de organización de trabajadores con capacidades diversas para el centro especial de empleo de la fundación Espurna.

Este objetivo a gran escala se puede subdividir en otros pequeños objetivos que son los que se van a intentar resolver para completar el mayor. Estos son:

- El análisis de la situación del centro especial de empleo y diagnóstico de sus problemas principales.
- El desarrollo de un sistema de planificación y control de operaciones que defina los procesos, tareas y acciones que se deben llevar a cabo en el día a día del centro para solucionar o paliar lo máximo posible sus problemas.
- La creación de una herramienta de apoyo automática a este sistema para facilitar lo máximo posible esas tareas a los empleados de la fundación y aplicar en ella los conocimientos de métodos cuantitativos aprendidos durante el máster para tratar de generar soluciones de calidad en poco tiempo.

1.3 ESTRUCTURA DEL DOCUMENTO

El documento se ha estructurado de la manera que se ha considerado más apropiada para facilitar la comprensión de este.

Diseño de un sistema automático de organización de trabajadores de capacidades diversas en puestos de trabajo para un Centro Especial de Empleo (Espurna CEE, SLU)

Para poder cumplir con el primer objetivo, se emplearán una serie de capítulos para describir la problemática en el centro especial de empleo.

Para esto primero se realizará una breve descripción del entorno del centro y el funcionamiento de este, para posteriormente pasar a las problemáticas concretas que se van a tratar en el proyecto. Después, se analizarán una serie de posibles soluciones al problema y se seleccionará la que se considere más adecuada.

Una vez definida una solución concreta se pasará al desarrollo de esta, comenzando por su punto más vital, el sistema de planificación y control de operaciones. Este sistema se describirá tratando de dividirlo por partes de forma que se facilite su explicación y quede totalmente definido.

Después del sistema de planificación y control de operaciones se procederá al desarrollo de su correspondiente herramienta de apoyo. Esta herramienta, a fin de que sea automática, constará de un modelo matemático que define el problema que se trata de solucionar y de una manera de resolverlo para obtener una solución.

También se detallarán otros aspectos fundamentales tanto para la herramienta como para el sistema, como es la base de datos o la manera de interacción con el usuario.

Finalmente, se desglosará un presupuesto del proyecto y se extraerán las conclusiones pertinentes del mismo.

CAPÍTULO 2. DESCRIPCIÓN DEL ENTORNO

2.1 INTRODUCCIÓN

En este capítulo se relatará de manera escueta la fundación que es el objeto de trabajo, así como su funcionamiento a grandes rasgos. Aunque muchas de las actividades de la fundación no son relevantes a la hora de desarrollar el trabajo se ha considerado de suficiente interés el contextualizar las funciones a las que se va a estar haciendo referencia durante todo el documento.

Además, se realizará una exposición de las motivaciones principales para realizar un trabajo de este calibre en el entorno de la fundación Espurna.

2.2 BREVE DESCRIPCIÓN DE LA FUNDACIÓN

La fundación Espurna es una fundación sin ánimo de lucro que se dedica a la integración de personas en edad de trabajar y que tienen alguna discapacidad física o intelectual en el mercado laboral. Fue fundada en el año 1996 por José Pedro García Canet y otros dos fundadores.

La fundación tiene una serie de departamentos y actividades con esos fines, dentro de los cuales se va a destacar el centro especial de empleo (CEE), que es en el cual se va a centrar el trabajo. El CEE se dedica a la distribución de sus usuarios en una serie de puestos de trabajo. Estos puestos vienen dados por los clientes de la fundación, que solicitan los servicios de esta para realizar alguna tarea concreta. Actualmente la fundación Espurna cuenta con alrededor de doce clientes a los cuales envían trabajadores de manera regular.

Los tipos de trabajo que realizan son muy variados, siendo algunos de los más destacados los siguientes: montaje de aparatos electrónicos, envasado de líquidos, montaje de máquinas automáticas, etiquetado y serigrafiado de productos, envasado y empaquetado de productos...

La misión de Espurna es el ayudar en todo lo posible a sus usuarios para que desarrollen una autonomía y unos hábitos saludables a la vez que les permiten progresar de manera vital y evitan discriminaciones. Por eso, además de su función principal en su puesto de trabajo, los empleados pueden realizar una serie de actividades en el centro como deporte, teatro, excursiones...

La fundación es una entidad sin ánimo de lucro, así que todos sus beneficios se revierten en sus usuarios, empleándolos para las actividades mencionadas anteriormente, viajes, campamentos de verano y otras actividades variadas. Además, gestiona programas de garantía social y de viviendas tuteladas, que sirven de residencia temporal para personas con discapacidad.

Diseño de un sistema automático de organización de trabajadores de capacidades diversas en puestos de trabajo para un Centro Especial de Empleo (Espurna CEE, SLU)

Este centro de empleo, como se puede apreciar, es bastante más de eso, intenta ser un firme apoyo para personas con discapacidad, ayudándoles en el presente y en el futuro. Muchos de sus usuarios han acabado integrados en una empresa sin necesidad de ningún tipo de ayuda o intervención del estado, lo que es un indicativo de la buena trayectoria que tiene la fundación, que lleva 23 años en activo.

2.3 MOTIVACIÓN E INTRODUCCIÓN AL PROBLEMA

Aparte de la motivación habitual de poder realizar una mejora en un entorno productivo y que las cosas se hagan de manera más eficiente que antes, que en este caso además se ve incrementada por el hecho de que Espurna es una fundación sin ánimo de lucro; existe otra razón basada en la organización de la fundación Espurna.

Debido a cómo se organiza y la necesidad de repartir una gran cantidad de empleados en una serie de puestos de trabajo, cada uno con sus características individuales, tanto a nivel de los empleados como hablando de los clientes, da lugar a un entorno muy complejo. Esto permite la aplicación de herramientas de organización industrial y métodos matemáticos estudiados en un caso muy peculiar y en un entorno que requerirá de una solución que permita simplificar la complejidad, lo que supone otro foco importante de motivación.

2.4 CONCLUSIÓN

A pesar de su aparente simplicidad, la fundación Espurna encierra un tipo de funcionamiento que es susceptible de volverse muy complejo, por la variedad con la que se trabaja. Será necesario en adelante hacer un buen análisis e identificación de los problemas para desarrollar las soluciones adecuadas que se traduzcan en herramientas útiles.

CAPÍTULO 3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

3.1 INTRODUCCIÓN

El objetivo de este apartado es describir la base sobre la cual se ha sustentado el trabajo, que es la acotación de un asunto muy concreto y el intento de solucionarlo de la mejor manera posible. Esto se ha hecho así, porque en Espurna, como en la mayoría de las organizaciones de cualquier tipo, hay una importante complejidad de procesos y se ha considerado que era de mayor utilidad centrarse en uno concreto y tratar de exprimirlo al máximo.

A continuación, se va a describir brevemente los problemas principales que acarrea el funcionamiento actual del centro de empleo, las causas de estos y sus consecuencias. Esto nos servirá para definir el alcance del trabajo con respecto a los problemas que se pretende encontrar una solución y se definirán en mayor profundidad estos.

3.2 DESCRIPCIÓN DETALLADA DEL PROBLEMA

3.2.1 ENTORNO DEL PROBLEMA

En primer lugar, antes de entrar en la problemática a resolver, se va a describir la situación actual de la fundación en cuanto a la organización se refiere.

El centro de trabajo es contratado por una serie de empresas que requieren que se realicen tareas de distinta naturaleza, las cuales se ejecutan siguiendo estándares de calidad iguales o mayores a los que la empresa exige. A cada uno de los trabajos que se han de realizar en las distintas empresas a las que se sirve se les llama enclaves.

Los trabajadores son distribuidos entre los distintos enclaves disponibles. La planificación con la que se distribuyen los trabajadores se realiza cada semana para funcionar durante la siguiente semana.

Esto es llevado a cabo por la figura del coordinador, que debe tener en cuenta además que las productividades sean lo más altas posibles y siempre por encima del mínimo establecido en el acuerdo con el empleador.

Además de la figura del coordinador y de los peones existe otro tipo de trabajador en la fundación: el monitor o facilitador (que es la nomenclatura más habitual en Espurna). Los facilitadores se encargan de llevar a los peones a los puestos de trabajo y una vez allí coordinarlo. Son además responsables en caso de alguna incidencia o situación extraordinaria.

Diseño de un sistema automático de organización de trabajadores de capacidades diversas en puestos de trabajo para un Centro Especial de Empleo (Espurna CEE, SLU)

Para el traslado de los peones se dispone de una flota de furgonetas de nueve plazas y coches de cinco plazas que se organizan para ir desde la sede de la fundación a las distintas localizaciones de las empresas empleadoras, aunque como se ha comentado anteriormente, el problema referido al transporte no se tratará en profundidad.

En resumen, Espurna dispone de aproximadamente cien trabajadores en plantilla que corresponderían a las siguientes categorías:

- Peones: Personas con discapacidad intelectual que son el principal motor de la fundación. Realizan el trabajo para el que Espurna es contactada.
- Facilitadores: En esta categoría hay tanto personas sin discapacidad como algunas con discapacidades físicas. Realizan los transportes, coordinan y son responsables a nivel local de los grupos de peones.
- Coordinador: Realiza las tareas de planificación de todos los trabajadores en plantilla. Es el responsable último de la productividad en los distintos puestos.

Tanto los monitores como el coordinador tienen una jornada a tiempo completo, mientras que los peones pueden tener jornadas tanto a tiempo parcial como a tiempo completo, variando desde las veinte a las cuarenta horas semanales.

Las horas de trabajo se reparten en cinco días laborables y dos de descanso, que por política interna deberán ser consecutivos. Esto se aplica a todos los trabajadores, desde los peones al coordinador.

Además de todo lo mencionado anteriormente, la Fundación Espurna tiene la política de no cerrar en vacaciones, ya que algunos de los enclaves a los que envía trabajadores tienen su temporada alta en verano, por lo que el reparto de las vacaciones de los empleados está sujeto a las necesidades del CEE.

Para terminar la descripción del entorno es necesario introducir la figura de la dirección general del centro, que es la responsable última de los usuarios de la fundación y además será la encargada de tener en cuenta la rentabilidad de las actividades.

3.2.2 PROBLEMÁTICA

Ahora se va a describir la problemática de la actual organización, que se deriva de la estructura previamente descrita y que además resulta la motivación de la realización de este trabajo.

Tal y como está planteado actualmente la organización debe cumplir con los siguientes requisitos:

- Todos los peones deben de estar asignados en un enclave las horas que les corresponden.
- Se debe satisfacer tanto la productividad necesaria de la empresa como los estándares de calidad que correspondan. Este requisito requiere a su vez de un balance entre número de trabajadores y la habilidad de cada uno de estos para ese determinado puesto.
- Los usuarios deben ir variando de puesto de semana a semana con cierta regularidad, idealmente todas las semanas, pero existe mayor flexibilidad en este aspecto; aunque no deja

Diseño de un sistema automático de organización de trabajadores de capacidades diversas en puestos de trabajo para un Centro Especial de Empleo (Espurna CEE, SLU)

de ser una prioridad, ya que el progreso individual de los usuarios es uno de los aspectos más fundamentales de la fundación.

- Cada grupo de peones deberá ir acompañado por al menos un facilitador que supervise el grupo.
- Cada trabajador dispone de dos días libres a la semana y deben ser consecutivos.
- Las jornadas anuales son de 1672 horas y los empleados no deben trabajar más de 7 horas seguidas.
- Las vacaciones deben cuadrar para poder cumplir en todo momento con las demandas que exigen las distintas empresas contratantes.

En primer lugar, existe un gran problema con las tareas de planificación que le corresponden al coordinador, como se puede apreciar, esta tarea es compleja de cuadrar a mano, más aún por una única persona, lo que lleva a que la planificación acabe resultando poco adecuada, además de suponer un sobreesfuerzo importante para el coordinador.

La dificultad de la tarea de programación provoca que la planificación acabe realizándose de manera semanal, es decir, en la semana actual se estructura la siguiente, lo que genera unas importantes carencias en la planificación tanto a medio como a largo plazo que se ven reflejadas en problemas como la dificultad para el cumplimiento de la restricción correspondiente a las vacaciones.

Por último, a la gerencia, en calidad de entidad responsable, le gustaría tener un sistema más sólido de control de dónde están los trabajadores en cada momento, y si de se están siguiendo los planes que se han establecido.

Se va a proponer un trabajo que trata de solventar lo mejor posible los problemas previamente descritos. Para ello se emplearán herramientas de organización industrial, así como de métodos matemáticos que aseguren el funcionamiento más cercano al óptimo posible.

3.3 CONDICIONES DE LA SOLUCIÓN

Una vez se ha definido el problema en el que se encuentra el CEE se debe proceder al diseño de un sistema, tanto procedural, como de información y herramientas que permita acabar con los problemas derivados de la actual organización.

Antes de comenzar ese diseño se deben fijar una serie de pautas por las cuales se tendrán que regir las soluciones que se presenten. Para este diseño del proceso en concreto se han seguido una serie de criterios a partir de los cuales se derivan unas restricciones y unas aspiraciones que se tratarán de cumplir con el máximo rigor posible.

Estas pautas de desarrollo vienen derivadas tanto de las necesidades explícitas de la fundación como de las buenas prácticas en el desarrollo de este tipo de proyectos, así como de las apreciaciones del autor, y son, a grandes rasgos, las siguientes:

- Evidentemente, todos los problemas detectados deben tratar de ser solventados. En caso de que fuera imposible resolver alguno de estos se deberá aportar un plan de actuación o atenuación de este.

Diseño de un sistema automático de organización de trabajadores de capacidades diversas en puestos de trabajo para un Centro Especial de Empleo (Espurna CEE, SLU)

- El diseño debe estar enfocado en cambiar los procesos y las herramientas, tratando de depender lo menos posible de cambios en el personal o en la formación de este.
- La fundación no tiene una partida destinada a la adquisición de servicios externos al propio trabajo del autor, por lo que la solución ha de ser lo más barata posible.
- No se pueden destruir puestos de trabajo. En el caso de que fuera absolutamente necesario se podría plantear el crear nuevos, pero es una propuesta que se debería hacer a la fundación y no es seguro que deseen hacer una inversión al corto-medio plazo.
- Los procesos deben ser lo más automáticos posible y deben requerir que se introduzcan los mínimos datos en ellos, siempre intentando que el trabajo, tanto a nivel tangible en horas como en esfuerzo intelectual permanezca igual o menor que en la solución que se emplea actualmente.

Una vez se han tenido en cuenta los anteriores criterios se barajarán una serie de alternativas que se consideran las más viables para ser implementadas, se describirán, se escogerá la más prometedora y se desarrollará.

3.4 CONCLUSIÓN

La principal conclusión que se extrae de este capítulo es el hecho de que en cualquier tipo de organización existen una serie de problemas o procesos funcionando de manera poco óptima, que pueden ser mejorados con la aplicación de las herramientas de organización industrial adecuadas.

También cabe destacar que el problema de la organización en el CEE está suponiendo un lastre para la fundación, y que tratar de resolverlo puede abrir la puerta a una gran cantidad de mejoras futuras fruto de tener la capacidad de planificar a largo plazo, e incluso aplicar alguna técnica de mejora continua.

Por último, mencionar la importancia de una definición clara y concisa del problema que se quiere solucionar, así como un análisis concienzudo del mismo. En posteriores apartados se podrá ver reflejado como el haber realizado estas tareas ayuda a definir y concretar una solución que de verdad tenga una utilidad para la fundación.

CAPÍTULO 4. PROPUESTA Y SELECCIÓN DE LA SOLUCIÓN

4.1 INTRODUCCIÓN

En este apartado se van a desarrollar una serie de propuestas que se considera que serían adecuadas para solucionar el problema planteado en el anterior capítulo.

Primero se expondrán tres propuestas de solución, que se generarán en base al análisis del problema y a través de los conceptos adquiridos durante el máster. Después, se evaluarán las tres y se tomará una decisión sobre cuál resulta la más adecuada dado el contexto actual.

Es necesario indicar que, aunque lo ideal sería desarrollar todas y cada una de las alternativas, hacer un análisis minucioso de estas y después escoger, no se disponen de los recursos y el espacio en este trabajo para hacer eso, por lo que la extensión de este se limitará a escoger una propuesta basada en el planteamiento y desarrollarla.

4.2 PLANTEAMIENTO DE ALTERNATIVAS

Siempre resulta una buena práctica el plantear distintas alternativas para resolver un determinado problema, para más adelante escoger de entre ellas. De esta forma se previenen ciertos sesgos o condicionamientos iniciales y se fuerza a ver el problema desde varias perspectivas distintas, en contraposición a dedicarse directamente a lo que inicialmente se considera correcto.

En este caso se van a proponer tres alternativas al problema detallado en el apartado anterior y más adelante se seleccionará la que se considere mejor.

4.2.1 ALTERNATIVA 1: ORGANIAZACIÓN DEPARTAMENTAL

La primera propuesta que se plantea es una solución a través del cambio de la organización de la fundación. Ahora mismo esta se estructura con un modelo jerárquico simple de: dirección general – coordinador – facilitadores – usuarios y trata el problema del reparto del trabajo como un gran problema global.

Se sugiere en esta alternativa un cambio en ese modelo de funcionamiento, para pasar a organizarse de manera más departamental. Esto consistiría en organizarse de una manera más horizontal, a través de una estructura departamental, creando los llamados departamentos y una nueva figura, que sería el encargado de departamento.

Cada departamento sería el encargado de servir a una serie de clientes, y tendría asignado una cantidad de facilitadores y usuarios para poder cumplir esa tarea. Los departamentos serían independientes entre sí y el encargado de cada uno de ellos se encargaría de que la demanda se cumpliera para los clientes que tiene asignados.

Además, la figura del coordinador seguiría existiendo, y se encargaría de controlar la calidad de servicio y el buen funcionamiento de cada departamento, aplicando los cambios que considere oportunos en caso de que algún departamento estuviera teniendo un rendimiento por debajo de lo esperado. De igual manera la dirección del centro mantendría unas funciones muy similares a las que realiza actualmente.

De esta manera el problema quedaría simplificado en gran medida, permitiendo encontrar soluciones con mucha más facilidad de la que se obtienen actualmente. Además, simplificaría la tarea del control y se obtendrían una serie de otras mejoras derivadas de la nueva organización más horizontal, como una mayor fluidez de la comunicación.

Por último, también se podría aplicar de manera paralela a este cambio la implementación de ciertas herramientas informáticas para facilitar el encontrar una solución, pero va en cierta medida en contra del espíritu de esta alternativa que es la simplificación del problema en vez del encontrar una manera de resolverlo cuando es complejo. Por esto no se ha considerado necesario o vital para describir esta propuesta.

4.2.2 ALTERNATIVA 2: ORGANIZACIÓN A TRAVÉS DE PLANES

La segunda alternativa que se plantea es una solución que se inspira en la distribución de periodos de tiempo de los sistemas habituales de planificación de la demanda agregada. Este tipo de sistemas habitualmente se emplean para actividades de producción y no tanto de servicios, pero la división entre periodo líquido, semilíquido y congelado es una característica que sí puede ser importada y ha dado lugar a esta alternativa.

Esta alternativa se basa en estos conceptos para crear tres tipos de planes, y aunque, evidentemente, la correspondencia con sus análogos no es perfecta, ya que se aplica esto al problema concreto, se han seguido estos como guía:

- Plan Anual: Este sería el correspondiente al periodo líquido. Supondría el realizar una planificación al medio-largo plazo (anual), que pueda ser modificada en cualquier momento, pero que suponga una guía tanto para planificaciones posteriores como para estructurar la el reparto de carga en ese plazo.
- Plan Semanal: Por otra parte, el Plan Semanal se correspondería al periodo semilíquido. Este modificaría la planificación que se extrae del plan anual, para dotarla de una forma más definida al acercarse más a las fechas de acción. Este plan proporcionaría una planificación que oscila entre cierta flexibilidad para ser cambiado y la inmovilidad (salvo frente a emergencias).
- Plan Diario: Por último, el Plan Diario sería el análogo al periodo congelado, actuando por tanto en situaciones en las que la planificación no deba ser cambiada prácticamente bajo ningún concepto. Por esto, este plan actúa como sistema de control de que se está siguiendo la planificación marcada, así como proporcionar una solución en caso de emergencia.

Lo descrito anteriormente sería lo correspondiente al marco de operaciones con el que actuaría la solución. Además de esto esta propuesta se basaría en la creación de una herramienta tanto manual como automática para poder ejecutar los distintos planes de los que se compone.

La automatización del problema se daría a través del modelado matemático de este en los distintos planes y la creación de una herramienta informática que integrase todas esas soluciones; mientras que la herramienta manual sería una pieza de software que permitiese a un usuario realizar el mismo cada uno de los planes.

4.2.3 ALTERNATIVA 3: ORGANIZACIÓN POR CLIENTES

Por último, tenemos la alternativa basada en la clasificación de clientes dependiendo de su grado de importancia dentro de Espurna. Esta, al igual que la propuesta anterior, está basada en conceptos de la dirección de operaciones, en este caso de manera mucho más directa que el anterior, ya que se empleará de una manera directa el sistema habitual de separar los productos en grupos dependiendo de la demanda A, B y C, sólo que en este caso se adaptará a la situación de la fundación haciendo esto mismo con los clientes, quedando así:

- Grupo A: Serán el 20% de los clientes que supongan el mayor beneficio (no necesariamente económico) para la fundación. Se espera que junten aproximadamente el 80% de la demanda. Su prioridad será absoluta.
- Grupo B: Se tomarán el 20% de clientes que den el mayor beneficio del 80% restante. Su prioridad es menor que la del grupo A, pero se intentará proveerlos de servicio siempre.
- Grupo C: El resto de los clientes. Tendrán una prioridad menor a los dos anteriores grupos y se contemplará el no poder servirles.

Este tipo de organización se fundamenta en la distribución de Pareto, que dice que el 20% de las causas genera el 80% de los resultados. De esta forma se separan los clientes, dando prioridad al 20% más relevante en cada uno de los casos, asegurando así que el servicio es muy bueno a aquellos clientes que suponen el mayor sustento, bueno a los intermedios y lo mejor que se pueda con los recursos sobrantes a los clientes marginales.

De esta forma el problema se simplifica muchísimo, ya que existe un claro sistema de distribución de los recursos, tanto que la modelización del problema resulta innecesaria y hasta puede empeorar el funcionamiento global. Por eso el complemento perfecto para este sistema de operaciones sería una herramienta informática manual que permitiese la distribución adecuada por un usuario.

4.3 SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS

Para la selección de alternativas se empleará el método de la matriz AHP de toma de decisiones. Se realizará de esa manera porque se considera que el empleo de este tipo de técnicas de teoría de la decisión lleva a tomar determinaciones de manera mucho más objetiva y fuerzan a tener en cuenta más factores, para una reflexión más completa.

En primer lugar, se expondrán los criterios que se van a evaluar, así como las ponderaciones que se aplicarán a cada criterio. Posteriormente se explicarán las puntuaciones que se les ha dado a cada una de las soluciones en los distintos criterios y finalmente se mostrará el resultado final con la solución que se haya escogido.

4.3.1 CRITERIOS A EVALUAR

4.3.1.1 Criterios

- Cumplimiento de la demanda (Criterio 1): El cumplir con la demanda que establecen los clientes será fundamental, es necesario para la supervivencia del CEE y por tanto será el criterio de mayor importancia.
- Rotación de los usuarios (Criterio 2): Esto es, el hecho de que los usuarios vayan cambiando de puesto de trabajo, y no pasen demasiado tiempo en el mismo. Como se ha mencionado previamente esto es importante para su desarrollo y por tanto una prioridad en Espurna.
- Capacidad de planificar a largo plazo (Criterio 3): Se ha hecho hincapié previamente en la incapacidad de la actual organización de planificar a largo plazo. Este criterio mide la mejora con respecto a esa situación.
- Coste (Criterio 4): El gasto total que tendría la implantación de la solución, tanto a nivel económico (que como se ha establecido debe de ser muy bajo porque la fundación no ha presupuestado un cambio) como en otros recursos.
- Cambios necesarios en la fundación (Criterio 5): Las variaciones que se tendrían que realizar en la organización de Espurna para poder implantar la solución. Se valorarán negativamente el tener que realizar cambios.
- Libertad de los empleados para escoger vacaciones (Criterio 6): Por otra parte, se tomará positivamente el que los trabajadores dispongan de cierta libertad para decidir cuándo quieren irse de vacaciones.
- Respeto de las ratios de facilitadores y usuarios (Criterio 7): Otro aspecto fundamental, la fundación quiere asegurarse de que hay el número suficiente de facilitadores por usuario en cada uno de los puestos de trabajo.
- Escalabilidad de la solución (Criterio 8): Capacidad de la alternativa de expandirse hacia otras mejoras. Cuántos planes de mejoras futuras abre cada una de las opciones.

4.3.1.2 Comparación de criterios

A continuación, se expondrá la matriz de comparación de criterios, que servirá para averiguar la ponderación correspondiente a cada uno de ellos.

De esta manera queda así la tabla de comparación:

Diseño de un sistema automático de organización de trabajadores de capacidades diversas en puestos de trabajo para un Centro Especial de Empleo (Espurna CEE, SLU)

	Criterio 1	Criterio 2	Criterio 3	Criterio 4	Criterio 5	Criterio 6	Criterio 7	Criterio 8
Criterio 1	1.00	7.00	9.00	3.00	9.00	9.00	7.00	9.00
Criterio 2	0.14	1.00	9.00	0.20	7.00	9.00	0.33	9.00
Criterio 3	0.11	0.11	1.00	0.11	0.33	5.00	0.11	5.00
Criterio 4	0.33	5.00	9.00	1.00	7.00	9.00	5.00	9.00
Criterio 5	0.11	0.14	3.00	0.14	1.00	7.00	0.14	5.00
Criterio 6	0.11	0.11	0.20	0.11	0.14	1.00	0.11	5.00
Criterio 7	0.14	3.00	9.00	0.20	7.00	9.00	1.00	9.00
Criterio 8	0.11	0.11	0.20	0.11	0.20	0.20	0.11	1.00

Tabla 1. Ponderación de criterios AHP

4.3.2 EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS

Se considera que realizar la explicación completa de todas las ponderaciones en la matriz AHP es alargar innecesariamente esta etapa del documento, por lo que se explicarán brevemente los distintos puntos fuertes y débiles de cada una de las alternativas con respecto a las demás, y se mostrará el resultado de esto en tabla.

En cuanto al cumplimiento de la demanda, se considera que, con la actual situación de la fundación hay capacidad suficiente para atender a toda la demanda, por lo que el enfoque de la tercera alternativa, algo más conservador en ese aspecto, se ve penalizado frente a sus competidoras, entre las que destaca la segunda alternativa.

Por otra parte, esta alternativa al tener cierta libertad con respecto a las demandas de clientes de tipo C, será la que una mejor rotación de usuarios podrá conseguir, así como una mayor libertad para que estos puedan escoger sus semanas de vacaciones.

Con respecto a la planificación a largo plazo, resulta más beneficiada la alternativa por departamentos, seguida por la planificación por tipos de clientes, ya que ambas soluciones simplifican el problema, facilitando así esta tarea. Sucede de una manera muy similar con el respeto a las ratios de facilitadores y usuarios, que tendrán un patrón parecido.

En cuanto a la escalabilidad en el futuro, la segunda alternativa es la que más perjudicada se ve, ya que tiene una fuerte dependencia de un software, que en caso de un incremento de la demanda significativo podría necesitar muchos reajustes o modificaciones.

Por último, en costes y cambios necesarios la división por departamentos es la gran perdedora, ya que requiere de una serie de modificaciones en la jerarquía y la organización de la empresa, así como unas contrataciones extra que hacen que puntúe muy bajo en ese criterio.

Diseño de un sistema automático de organización de trabajadores de capacidades diversas en puestos de trabajo para un Centro Especial de Empleo (Espurna CEE, SLU)

El total quedaría de la siguiente manera:

Criterio 1	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
Alternativa 1	1.00	0.33	3.00
Alternativa 2	3.00	1.00	5.00
Alternativa 3	0.33	0.20	1.00
Criterio 2	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
Alternativa 1	1.00	3.00	0.33
Alternativa 2	0.33	1.00	0.33
Alternativa 3	3.00	3.00	1.00
Criterio 3	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
Alternativa 1	1.00	7.00	5.00
Alternativa 2	0.14	1.00	0.20
Alternativa 3	0.20	5.00	1.00
Criterio 4	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
Alternativa 1	1.00	0.14	0.14
Alternativa 2	9.00	1.00	1.00
Alternativa 3	9.00	1.00	1.00
Criterio 5	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
Alternativa 1	1.00	0.14	0.14
Alternativa 2	7.00	1.00	1.00
Alternativa 3	7.00	1.00	1.00
Criterio 6	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
Alternativa 1	1.00	0.20	0.14
Alternativa 2	5.00	1.00	0.33
Alternativa 3	7.00	3.00	1.00
Criterio 7	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
Alternativa 1	1.00	5.00	3.00
Alternativa 2	0.20	1.00	0.33
Alternativa 3	0.33	3.00	1.00
Criterio 8	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
Alternativa 1	1.00	7.00	1.00
Alternativa 2	0.14	1.00	0.14
Alternativa 3	1.00	7.00	1.00

Tabla 2. Ponderación de alternativas AHP

4.3.3 RESULTADO

El resultado final sería el que se presenta en la siguiente tabla *Tabla 3. Matriz AHP*. Se han omitido todos los cálculos intermedios por considerarse de bajo interés.

Diseño de un sistema automático de organización de trabajadores de capacidades diversas en puestos de trabajo para un Centro Especial de Empleo (Espurna CEE, SLU)

	Criterio 1	Criterio 2	Criterio 3	Criterio 4	Criterio 5	Criterio 6	Criterio 7	Criterio 8	Resultado
Alternativa 1	0.2583	0.2808	0.7147	0.0615	0.0667	0.0719	0.6370	0.4667	0.2704
Alternativa 2	0.6370	0.1350	0.0668	0.4692	0.4667	0.2790	0.1047	0.0667	0.4226
Alternativa 3	0.1047	0.5842	0.2185	0.4692	0.4667	0.6491	0.2583	0.4667	0.3070
Vectores propios	0.38557	0.11245	0.03016	0.25083	0.04444	0.01933	0.14425	0.01295	

Tabla 3. Matriz AHP

Como se puede ver la alternativa por planes domina claramente a las dos anteriores, por lo que será la escogida para ser desarrollada en este proyecto.

4.4 CONCLUSIÓN

Se obtiene de la realización de este apartado que, aun siendo un problema bastante singular y complejo, existen varios enfoques distintos todos ellos válidos para mejorar la organización que ahora mismo impera en los procesos de la fundación.

Por otra parte, es necesario destacar que, aunque la alternativa de organización mediante planes ha resultado victoriosa con holgura, es probable que ante algún cambio en los criterios de Espurna, como podría ser el destinar una partida del presupuesto a un proyecto de este tipo o el tener una mayor disposición a un cambio en la organización; podría cambiar la elección de propuesta. Es decir, la alternativa que se va a desarrollar está muy enfocada en el contexto actual de la fundación y puede que en el futuro convenga adaptar otra.

Por último, aunque se podría plantear el realizar algún tipo de solución híbrida (por ejemplo, la primera propuesta y la segunda podrían ser compatibles) para concretar el alcance del trabajo se ha tomado la decisión de ceñirse tan solo a una.

CAPÍTULO 5. SISTEMA DE PLANIFICACIÓN Y CONTROL DE OPERACIONES

5.1 INTRODUCCIÓN

En este capítulo se va a explicar el sistema de planificación y control de operaciones (SPCO) que se va a desarrollar en este proyecto. El SPCO se refiere a todo el conjunto de procesos, actividades, usuarios, interesados... que debe describirse para que el plan que se ha escogido para solucionar el problema salga adelante correctamente.

El objetivo del SPCO es dotar a la fundación de un marco organizativo que permita una gestión de todas las operaciones que se realizan en el CEE, con unas tareas claras para cada implicado y unos procedimientos definidos.

Para esto el SPCO integrará una serie de componentes y estructuras distintas, que se verán enmarcadas en la estructura que tiene la solución escogida, que es basada en tres planes con horizontes distintos de tiempo.

El sistema, por la naturaleza de este, acaba tornándose muy complejo y contemplando una gran variedad de casos de uso en cada uno de los cuales se siguen acciones y procesos distintos. Es por eso por lo que el capítulo se estructurará de la siguiente manera: en primer lugar, se realizará una descripción general de la solución, entrando en más detalle que en el anterior capítulo, para poder tener una visión global de esta. Esta estará también simplificada y no abarcará el problema entero, pero servirá para dar paso a las siguientes fases. Además, se detallarán aspectos claves del SPCO como sus componentes.

Dichas fases se dividirán en los distintos planes de la propuesta: anual, semanal y diario. Se describirá todavía de manera más precisa los procesos de estos y finalmente se dividirán en cada uno de los casos de uso. En los casos de uso se planteará una descripción, un flujo de la información y procesos y una tabla de información general, así como una explicación de la puesta en marcha del caso de uso.

Se ha decidido dividir de esta manera porque tiene un enfoque especial en los casos de uso, que, al ser muy concretos, resultan en las acciones determinadas que se tendrán que realizar y las herramientas que se tendrán que construir, por lo que supone un buen punto de vista desde el cuál describir el proyecto.

5.2 ESQUEMA SIMPLIFICADO

Una vez escogido el enfoque sobre la solución se va a proceder a una descripción más extensa y detallada de cómo funciona esta y cómo se estructura, para posteriormente profundizar en cada una de sus partes.

Cómo se ha mencionado anteriormente, la solución constará de tres planes: el plan anual, el semanal y el diario. Cada uno de estos planes se encarga de la organización de la producción para un periodo de tiempo concreto, y se dirá que la solución a cada uno de los planes es el resultado de aplicar los procedimientos de ese plan concreto para obtener la planificación de dicho periodo respecto a los estándares que se esperan de dicho plan.

Cada uno de los planes se compone de una serie de reglas, datos, flujos de información, casos de uso y una herramienta de solución. La herramienta de solución a su vez se compone de un modelo matemático y una pieza de software, y sirve para representar el problema que se debería resolver para obtener esa planificación, además de para ayudar en cómo resolverlo.

Los planes se encargan de los ámbitos explicados en anteriores apartados: el plan anual del largo plazo, normalmente de todo el año laborable, el plan semanal del medio y corto plazo y el plan diario del control y las situaciones de emergencia.

5.2.1 COMPONENTES

El SPCO se organiza alrededor de los siguientes componentes:

- Usuarios: Son aquellos individuos encargados de ejecutar cada uno de planes y casos de uso del sistema. Principalmente este rol recaerá sobre la dirección y el coordinador, que además serán interesados.
- Interesados: Aquellas figuras u organizaciones que tienen un interés en el resultado de la planificación a través de los planes, y que deberán por tanto ser comunicadas del resultado de alguna u otra manera.
- Protocolos de actuación: Son las instrucciones que deben seguir cada uno de los usuarios para que se pueda ejecutar el SPCO correctamente.
- Herramientas de software: Son aquellas piezas informáticas que ayudan en la aplicación y la comunicación de cada uno de los planes y casos de uso.
- Base de datos: Sistema que almacena y trata los datos que se van extrayendo de la ejecución de los distintos planes.

5.2.2 DESARROLLO Y FLUJO DE INFORMACIÓN

En este apartado se explicará el proceso que sigue la solución desde el inicio de que se ponga en marcha hasta el control de los procesos.

Antes de comenzar con la descripción es necesario mencionar que el sistema, a parte del sus procesos y la herramienta con los que los ejecuta, dispondrá de un sistema de intercambio de datos, que constará de una base de datos y una serie de procesos automáticos intermedios que convierten los datos de un formato a otro, para poder ser empleados por los planes que los requieran.

Diseño de un sistema automático de organización de trabajadores de capacidades diversas en puestos de trabajo para un Centro Especial de Empleo (Espurna CEE, SLU)

Es a través de esta base de datos que los planes se comunican entre sí, por eso estará centralizado y automatizado, para evitar que los usuarios del sistema pierdan tiempo en actividades no productivas y que no aportan valor, como la transformación de los datos.

5.2.2.1 Flujo general

La primera puesta en marcha de la solución será al inicio del año. Al comienzo de un nuevo año laborable se pondrá en marcha el plan anual y dará como resultado la planificación de todo el año por semanas, esto es, a qué lugar de trabajo debe acudir cada empleado durante cada una de las semanas del año, así como las semanas que se asignan de vacaciones a los empleados.

Esta información se suministra al plan semanal, que se ejecutará al inicio de cada trimestre, y será el plan vinculante con respecto a la distribución de empleados que deberá realizarse cada día. Este recibe los datos del plan anual y tiene como objetivo, aparte de cumplir con la demanda y todos los criterios necesarios, el desplazarse lo menos posible del plan anual.

Finalmente, una vez se acerque la fecha en la que se debe ejecutar la planificación establecida por el anterior plan, se activará el plan diario, que se empleará tanto para comprobar que no ha habido ningún error y se va a poder cumplir con la demanda tal y cómo se había planteado; como para elaborar un plan de emergencia en caso de que no sea así. Este plan además enviará una confirmación de las acciones que finalmente se han llevado a cabo a la base de datos.

5.2.2.2 Flujo por casos

Los casos de uso del SPCO son las instancias de cada plan. Es decir, los casos concretos en los que se va a poner en marcha alguno de los tres planes para obtener sus posibles soluciones. Se distinguen entre ellos porque, a pesar de pertenecer al mismo plan, debido a que comparten una serie de factores comunes (principalmente el ámbito temporal); tienen una serie de discrepancias que hace que valga la pena considerarlos separados.

La ejecución de cada caso de uso vendrá acompañada por un empleo de la herramienta asociada a su plan y la obtención de una solución determinada.

Aunque los casos de uso se van a detallar en apartados posteriores, primero se va a introducir una visión global del funcionamiento de estos.

Existen nueve casos de uso distintos, los cuales se dividen en dos grupos principales: el sistema habitual y el de control y emergencias. Los casos son los siguientes:

Código	Nombre	Plan	Ámbito	Descripción
A.1	Planificación Anual	Plan Anual	Funcionamiento normal	Genera la planificación anual con poco detalle
A.2	Revisión Trimestral	Plan Anual	Funcionamiento normal	Revisa la planificación anual y la valida para lo que resta de año
A.3	Recálculo de emergencia	Plan Anual	Control y emergencias	Genera una planificación para el trimestre actual en caso de fallo
B.1	Planificación trimestral	Plan Semanal	Funcionamiento normal	Genera la planificación en detalle de un trimestre

Diseño de un sistema automático de organización de trabajadores de capacidades diversas en puestos de trabajo para un Centro Especial de Empleo (Espurna CEE, SLU)

B.2	Confirmación trimestral	Plan Semanal	Control y emergencias	Revisa que la planificación para el trimestre que entra sigue siendo válida
B.3	Recálculo de emergencia	Plan Semanal	Control y emergencias	Planifica la semana venidera en caso de que haya un fallo desde el plan diario
B.4	Reestructuración del trimestre	Plan Semanal	Control y emergencias	Planifica lo que resta del trimestre en caso de recálculo de emergencia
C.1	Comprobación diaria	Plan Diario	Control y emergencias	Comprueba que la planificación es correcta para los días venideros
C.2	Emergencia	Plan Diario	Control y emergencias	Comprueba que la planificación es correcta el propio día

Tabla 4. Casos de uso

Los casos además se interrelacionarán entre ellos siguiendo el siguiente esquema:

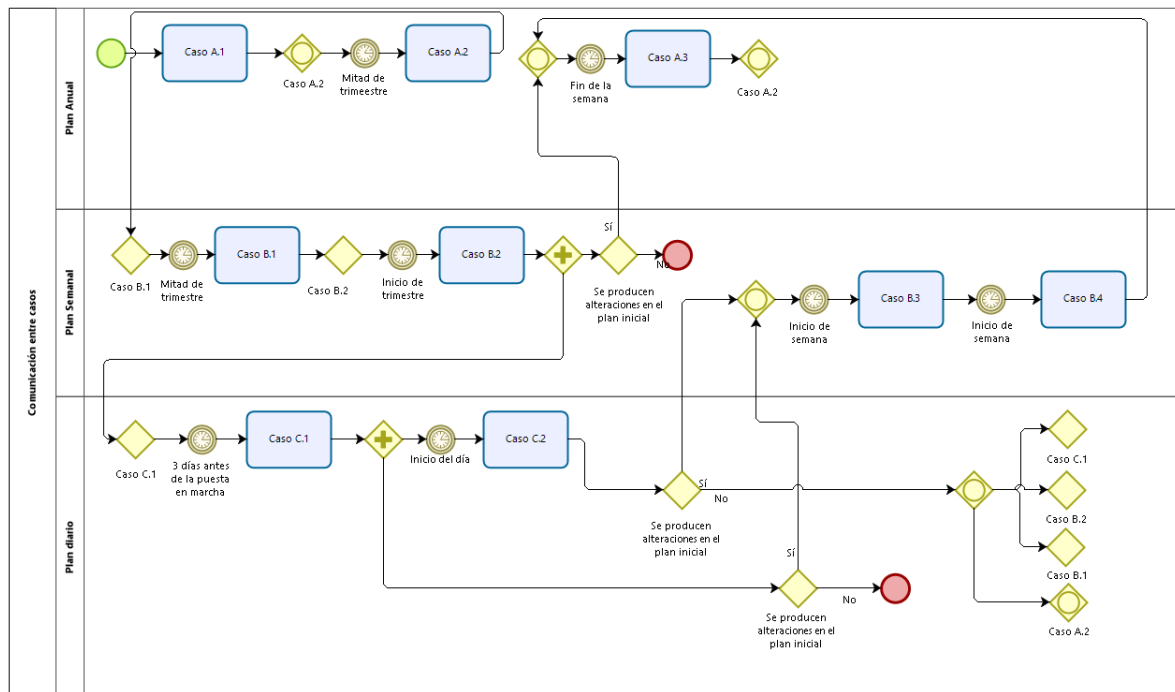


Ilustración 1. Relación entre casos

La casuística en realidad es más compleja que lo descrito anteriormente, y envuelve una serie de acciones e intercambios que dan lugar a un sistema de planificación y control de operaciones completo. Para poder describir este con claridad se dividirá la explicación en los tres planes, y más en detalle en los casos de uso de cada uno de estos planes. De esta forma se detallarán claramente las características de cada uno de estos y como se interrelacionan entre ellos para dar forma al sistema.

5.3 PLAN ANUAL

5.3.1 DESCRIPCIÓN GENERAL

Diseño de un sistema automático de organización de trabajadores de capacidades diversas en puestos de trabajo para un Centro Especial de Empleo (Espurna CEE, SLU)

El plan anual es la primera aproximación que se hace a una solución del problema principal: cómo colocar de manera óptima a los empleados en puestos de trabajo de manera que se garantice el cumplimiento de la demanda y se respeten el resto de los criterios.

El plan anual será por lo tanto una organización a largo plazo, que busca sentar unas bases sobre las que funcionar y un ideal de la repartición de la carga de trabajo en la empresa. Por tanto, será de una baja precisión y deberá tener flexibilidad para ser modificado en el futuro, así como poder funcionar con escasez de datos o con predicciones.

Cada vez que se ejecute el plan anual se espera obtener como resultado una planificación que indicará el lugar de trabajo al que debe ir cada empleado durante las semanas restantes del año laborable, incluyendo tanto a facilitadores como a trabajadores. Además, proporciona un calendario de vacaciones de ese mismo periodo de tiempo.

De esta forma sus características principales quedan reflejadas en la tabla *Tabla 5. Plan anual*. En esta quedan reflejados los usuarios del plan; los interesados en este; los inputs de información que son necesarios para poder ponerlo en funcionamiento, así como los consecuentes outputs; el flujo de dicha información; las posibles herramientas para implementarlo, y los casos de fallo de este.

Además, del plan anual se derivarán tres casos de uso principales, que vendrán igualmente indicados en la tabla, cada uno con unas características individuales, que se definirán más adelante. Estos casos de uso definen cuando y de qué manera se va a ejecutar este plan, así como lo que se obtendrá realmente de la ejecución de este.

5.3.2 TABLA DESCRIPTIVA

Diseño de un sistema automático de organización de trabajadores de capacidades diversas en puestos de trabajo para un Centro Especial de Empleo (Espurna CEE, SLU)

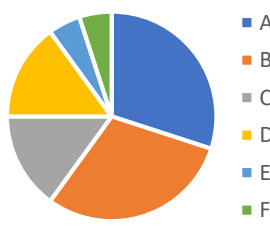
PLAN ANUAL		
Usuarios	Interesados	Repercusión
<ul style="list-style-type: none"> • Dirección • Coordinador 	Dirección	Plan inicial de trabajo y vacaciones de los empleados. Previsión de la satisfacción de la demanda
	Coordinador	
	Facilitadores	Lugar de trabajo por semanas y vacaciones anuales
	Trabajadores	
	Contratantes	Cantidad aproximada de trabajadores a recibir cada semana
Casos de Uso		Triggers
Planificación anual		Comienzo del año laborable
Revisión del plan actual		Inicio de un nuevo trimestre laboral
Recálculo de emergencia		Obtención de una nueva información de relevancia
Inputs		Outputs
<ul style="list-style-type: none"> • Cantidad de trabajadores y facilitadores • Skill de los trabajadores • Vacaciones demandadas por los empleados • Ratio de trabajadores/facilitador • Demanda semanal de trabajadores por puesto • Cantidad de semanas de vacaciones consecutivas requeridas 		<ul style="list-style-type: none"> • Lugar de trabajo de cada trabajador cada semana de lo que resta de año laborable • Lugar de trabajo de cada facilitador cada semana de lo que resta de año laborable • Semanas de vacaciones de cada empleado de lo que resta de año laborable
Herramientas	Requisitos	
Sistema manual	Pantalla de interacción con el usuario	
Sistema de cálculo automático	Modelo matemático	
	Software de resolución del modelo	
	Sistema de generación de datos	
	Pantalla de interacción con el usuario	
Casos de Fallo		
<ul style="list-style-type: none"> • Mal cálculo de la Skill de los trabajadores (A) • Datos de previsión de demanda inciertos (B) • Mala introducción de los datos (C) • Cambios en la plantilla (D) • Defecto en las herramientas (E) • Otros (F) 		

Tabla 5. Plan anual

5.3.3 CASO A.1 – PLANIFICACIÓN ANUAL

5.3.3.1 Descripción y flujo de información

El primer caso de uso del plan anual corresponde a la planificación anual. Este caso de uso viene dado al inicio de cada año laborable, en el que es necesario un plan estimado al largo plazo (todo el año) de en qué lugar de trabajo debe ser situado cada empleado del CEE durante cada una de las semanas laborables. Además, sirve para realizar una aproximación inicial de los periodos vacacionales de dichos empleados.

Diseño de un sistema automático de organización de trabajadores de capacidades diversas en puestos de trabajo para un Centro Especial de Empleo (Espurna CEE, SLU)

En el esquema *Ilustración 2. Diagrama caso A.1* se puede ver el flujo de la información completo de este caso de uso. Este es uno de los más complejos que se van a poder encontrar en este trabajo y recoge una gran cantidad de interacciones entre usuarios e interesados. Es necesario mencionar que, en aras de hacer el esquema más legible y visual, se han realizado una serie de simplificaciones sobre el mismo que se explican a continuación, junto con el funcionamiento de este.

Aunque el esquema refleje que el caso de uso se dispara al inicio de un año laboral, en realidad lo hará cierto tiempo antes (este se podrá ver en la tabla *Tabla 6. Caso A.1*), ya que de otra manera habría cierto periodo en el que se habría terminado la planificación anterior y la nueva todavía no estaría lista.

El proceso comenzará en la dirección general, que enviará un cuestionario tanto a clientes como a empleados para conocer sus intenciones de continuidad para el periodo siguiente. En caso de que se produzca algún cambio se tomarán los datos y se enviarán, una vez se hayan tomado los de todos los clientes y empleados, respectivamente, al coordinador.

Además de esto, de manera paralela la dirección del centro aceptará solicitudes de altas y bajas tanto de empleados como de clientes. Para este proceso se ha asumido una campaña de captación de clientes previa o paralela a este caso. Se ha decidido no incluir en el esquema por varias razones: en primer lugar, por simplificación del esquema, ya que no aportaría mucho al caso de estudio; también es posible que, dependiendo de la capacidad prevista, no se deseen nuevos clientes, y puede que, aun deseándolos, no se disponga de los recursos para realizar la campaña.

Una vez la información llega al coordinador este elaborará una solución inicial del plan anual, que servirá como solución inicial. Una vez esté lista, se convocará una reunión con la dirección del centro en la que se discutirá dicha solución y se irá pasando por distintas iteraciones de esta, en las que se irán cambiando criterios y ponderaciones, hasta que se encuentre una que se considere aceptable.

La solución aceptada por la dirección se comunicará al resto de empleados, para que puedan conocer los lugares de trabajo a los que han sido asignados los distintos periodos, así como las vacaciones que les corresponderían.

Desde el punto de vista de los empleados, estos deberán rellenar el cuestionario que les envíe la dirección, en el que se incluirán las semanas en las que preferirían tener vacaciones, para poder tomarlas en cuenta cuando se intente encontrar una solución.

Por otra parte, los clientes tan sólo deberán enviar la respuesta a la dirección general, que no será vinculante, pero ayudará a poder mejorar la organización de ambas entidades, la fundación y la empresa del propio cliente, por lo que es en su propio interés el rellenarlo adecuadamente.

Este caso es el que tendrá un carácter más a largo plazo y la intención es ser revisado cada trimestre, lo que nos llevaría al siguiente caso de uso.

5.3.3.2 Tabla descriptiva

Diseño de un sistema automático de organización de trabajadores de capacidades diversas en puestos de trabajo para un Centro Especial de Empleo (Espurna CEE, SLU)

PLANIFICACIÓN ANUAL		A.1
Descripción General		
El coordinador, mediante la herramienta que se haya seleccionado, realiza una introducción de los datos y obtención de la solución. Esta se presenta en una reunión a la dirección general, en la cuál se aprobará o se rechazará indicando los fallos y por ende las modificaciones necesarias. Una vez se disponga del resultado de la herramienta se estudiarán los datos resultantes y se informará a todos los implicados		
Usuarios		
Coordinador	Recibe los datos de la dirección general y realiza una solución. Se reúne con la dirección para evaluar la solución y realizar una nueva si es necesario. Toma decisiones sobre los baremos de la solución y envía los comunicados pertinentes	
Dirección	Gestiona las altas y bajas de los clientes y de los empleados. Prepara las reuniones de toma de decisiones y participa en ellas. Evalúa la solución y toma decisiones sobre las valoraciones y baremos que se apliquen	
Interesados		
Coordinador	Es responsable de la planificación	
Dirección	Define la planificación a largo plazo y la previsión de cumplimiento de objetivos	
Facilitadores	Obtiene una aproximación de todo el año de los lugares de trabajo a los que deberá acudir y cuantos trabajadores deberá coordinar	
Trabajadores	Obtiene una aproximación de los lugares de trabajo a los que deberá acudir durante el año laboral	
Clientes	Recibe una confirmación de que su demanda podrá ser satisfecha	
Trigger	Comienzo de un nuevo año laborable	
Este caso de uso se disparará en el momento en el que se vaya a iniciar un nuevo año laboral, con un cierto margen sobre este. El usuario que lo pondrá en marcha será la dirección a través de la colecta de datos y el aviso al coordinador y el que lo cerrará será el coordinador a través de un comunicado		
Flujo de información		
Envía	A	
Planificación inicial de todo el año	Caso A.2, Plan Semanal, Interesados	
Vacaciones iniciales de los empleados para todo el año	Caso A.2, Plan Semanal, Interesados	
Previsión del cumplimiento de la demanda durante el año laborable	Interesados	
Recibe	De	
Datos sobre cantidad de trabajadores y facilitadores	Base de datos	
Skill de los trabajadores	Base de datos (cálculo Plan Diario)	
Vacaciones demandadas por los empleados	Interesados	
Ratio de trabajadores/facilitador y ponderaciones	Usuarios	
Demanda semanal de trabajadores por puesto	Base de datos	
Datos relevantes		
Duración de la solución	12 meses	
Margen previo al trigger	4 meses	
Periodo de campaña de nuevos clientes/empleados	2 mes	
Tiempo para realizar la primera solución	0.5 meses	
Aporta solución	Siempre	
Comunicación coordinador – dirección	Informal	
Comunicado coordinador – empleados	Oficial	

Tabla 6. Caso A.1

Diseño de un sistema automático de organización de trabajadores de capacidades diversas en puestos de trabajo para un Centro Especial de Empleo (Espurna CEE, SLU)

5.3.3.3 Esquema del flujo de información

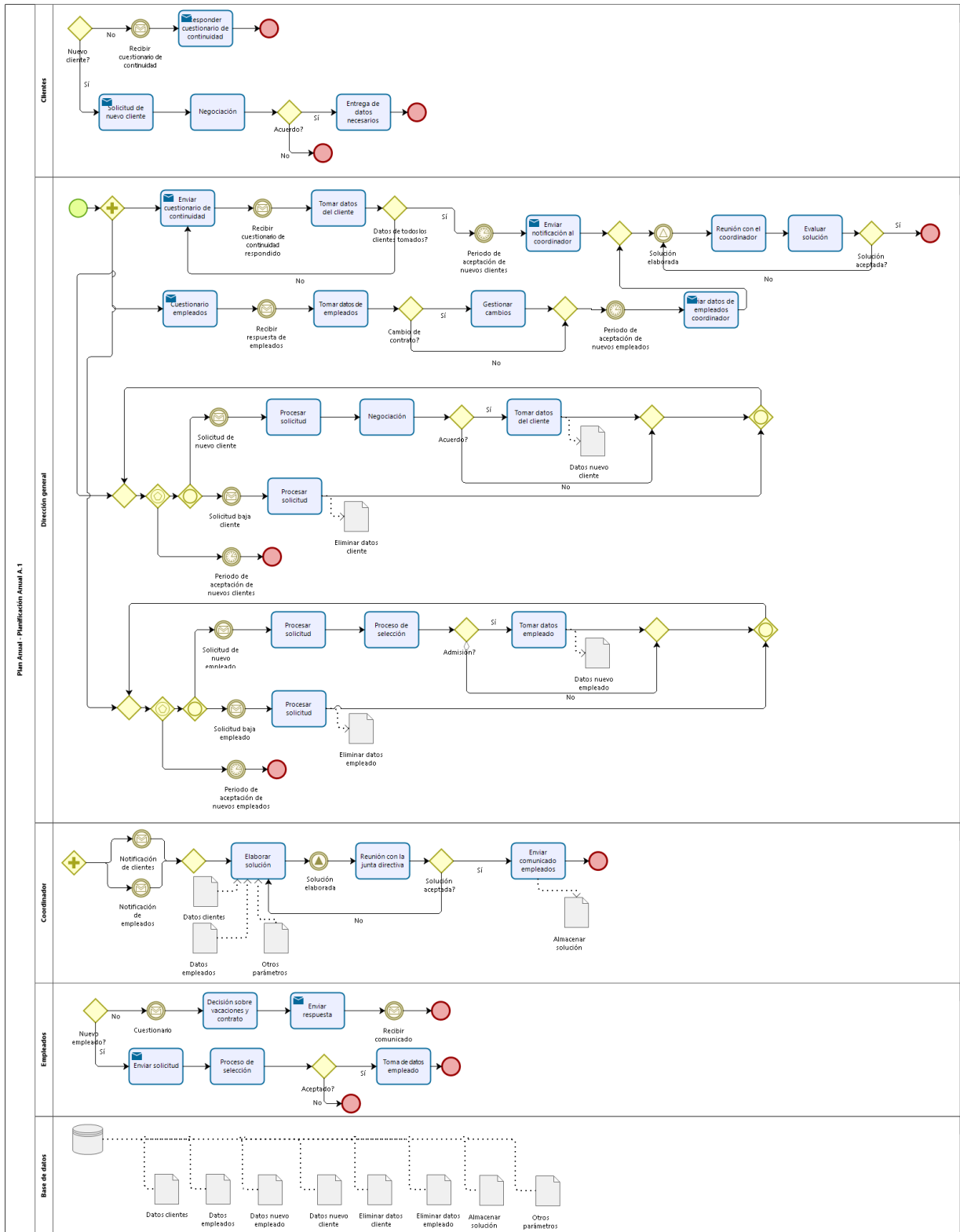


Ilustración 2. Diagrama caso A.1

5.3.3.4 Calendario de uso

En el calendario de uso se van a describir los procedimientos que se realizan desde que se pone en marcha el caso de uso hasta que se termina. Se clasifican por los responsables de cada uno de estos procesos y el horizonte suele abarcar el margen previo al trigger en la mayoría de los casos, como este (aunque hay algunos que por no tener margen cambia un poco).

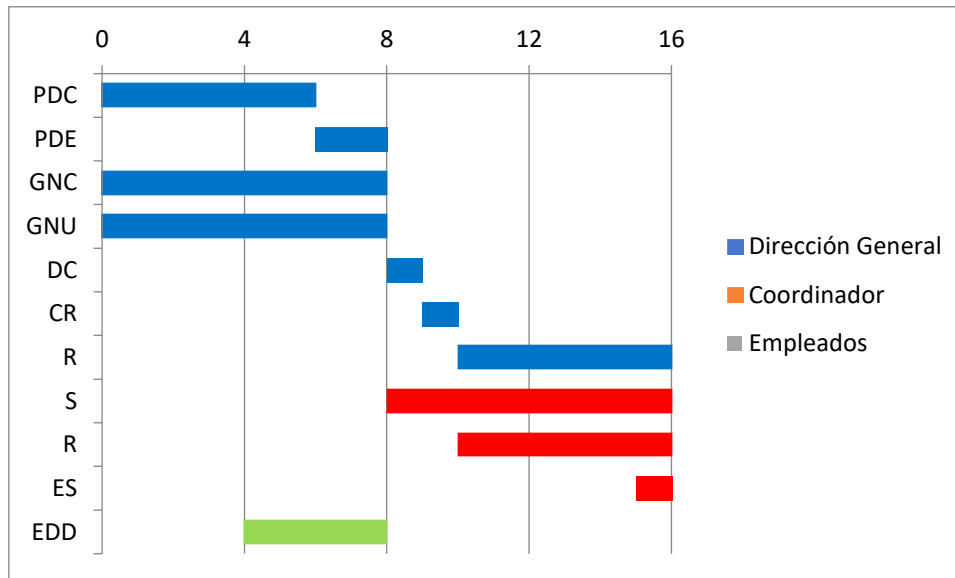


Ilustración 3. Calendario de uso A.1

Leyenda:

- PDC: Petición de datos a los clientes
- PDE: Petición de datos a los empleados
- GNC: Gestión de nuevos clientes
- GNU: Gestión de nuevos usuarios
- DC: Enviar datos al coordinador
- CR: Convocar reunión
- R: Reunión
- S: Realizar solución
- ES: Enviar la solución a los interesados
- EDD: Enviar datos a la dirección

Este caso se comenzará con mucha antelación, esta es necesaria para poder gestionar los datos de los clientes. Por eso la dirección general se encargará desde la primera semana (previa al comienzo del año laboral) de ponerse en contacto con los clientes que correspondan, estando divididos estos a su vez, de forma que cada semana se contacte con un grupo de clientes para confirmar la demanda para el año venidero.

En caso de que la dirección no reciba una respuesta clara del cliente, este dato quedará anotado correspondientemente, y el coordinador será el encargado de, posteriormente, estimar la demanda.

Una vez se tengan los datos de los clientes, para lo cual habrán destinados mes y medio de trabajo de la dirección, se procede a adquirir los datos de los empleados, para lo que se ha destinado menos tiempo (dos semanas) ya que al estar estos trabajando para la fundación, resulta mucho más sencillo obtener su información.

Paralelamente a esas dos actividades se realizará la gestión de los nuevos empleados y clientes, siendo cada año diferente dependiendo de los objetivos de este.

Una vez pasados dos meses, se procederá a encontrar la primera solución de la planificación anual, para la cual se dará al coordinador dos semanas de tiempo. Una vez hecha está la dirección convocará una reunión con el coordinador en la que se evaluará la solución y determinará si es válida. En función de esto se procederá a sucesivas iteraciones del coordinador encontrando una nueva solución y una posterior reunión con la dirección.

Estas reuniones se darán semanalmente hasta que la solución sea aceptada, que deberá serlo como tarde la última semana del margen. Estas acciones no siempre llegarán al límite del plazo, pero se incluyen para mostrar el caso límite. Cuando se tenga la solución el coordinador procederá a informar a los implicados.

5.3.4 CASO A.2 – REVISIÓN TRIMESTRAL

5.3.4.1 Descripción general y flujo de información

Se va a describir ahora el caso de uso de revisión trimestral. Este empleo se dará una vez de manera trimestral, ya que se considera que las condiciones de la empresa pueden haber variado lo suficiente durante ese periodo como para que el plan deba ser modificado. Se ejecutará para organizar el periodo laboral que va desde el momento actual hasta el final del año laborable.

Este caso vendrá reflejado en el esquema *Ilustración 4. Diagrama caso A.2*. En este se puede apreciar la similitud de este caso de uso con el anterior, ya que este caso de uso corresponde a la revisión del caso previo, por lo que heredará muchas de sus características. También serán necesarias una serie de simplificaciones para que el esquema cumpla con su función de representar la realidad de manera legible.

En esta ocasión se contemplan también las posibles incorporaciones tanto de clientes como de usuarios, aunque nuevamente los procesos de campaña, captación o publicidad se considera que no son necesarios mostrarlos en el esquema. Sí que se podrá apreciar el proceso por el cual clientes y empleados realizan la gestión, que será la única participación necesaria de estos dos grupos en el flujo de información.

Por otra parte, el proceso principal se iniciará de nuevo en la dirección del centro, en este caso durante un periodo previo al inicio de un nuevo trimestre, en el que se dedicará a procesar las solicitudes previamente mencionadas de clientes y empleados, y a almacenar las resoluciones de estas en los correspondientes datos.

Diseño de un sistema automático de organización de trabajadores de capacidades diversas en puestos de trabajo para un Centro Especial de Empleo (Espurna CEE, SLU)

Una vez inicia un nuevo trimestre se revisarán los datos de los clientes que hayan contratado los servicios, tanto los nuevos como los antiguos y de los empleados que se tengan en nómina, y se enviarán al coordinador.

El coordinador es el encargado de revisar la actual solución y de determinar en primer lugar si esta continúa siendo aceptable. Para ello cotejará tanto con los datos que reciba de la dirección general como con los cambios en las demandas o situaciones de los empleados que serán datos recibidos por otros casos de uso (que no se reflejan en el diagrama por simplificación). Una vez ha revisado la solución con toda la nueva información deberá determinar si esta sigue siendo válida para lo que resta de año laborable; en caso negativo deberá elaborar una nueva que altere lo mínimo posible el plan anterior, y una vez la tenga lista (o no fuera necesaria porque no requería de cambios) deberá comunicárselo a la dirección.

La dirección evaluará la solución en una reunión junto al coordinador, y, en el caso de aceptarla, el proceso terminaría para ese agente. Por su parte, el coordinador deberá rehacer la solución en base a nuevos criterios en caso de que no sea aceptada por la dirección, y en el momento que lo sea deberá comunicar a los empleados la nueva planificación para lo que resta de año.

Es necesario matizar que el plan no se disparará exactamente al inicio de un nuevo trimestre, esta es una reducción que se hace en el esquema y explicación con fines explicativos; en realidad dispondrá de cierto tiempo de margen de maniobra para poner en marcha el plan y disponer de una solución funcional justo al inicio del cuatrimestre.

5.3.4.2 Tabla descriptiva

Diseño de un sistema automático de organización de trabajadores de capacidades diversas en puestos de trabajo para un Centro Especial de Empleo (Espurna CEE, SLU)

REVISIÓN DEL PLAN ACTUAL		A.2
Descripción General		
El coordinador introducirá en la herramienta los datos adicionales que se hayan recopilado o las variaciones que puedan haber habido y obtendrá la nueva solución. En el caso de que haya cambios significativos se presentará en la reunión con la dirección y se tomarán las decisiones que correspondan. Es posible que se realicen múltiples recálculos del programa en el caso de que haya muchos cambios o algunos muy inconvenientes, hasta encontrar la solución más aceptable		
Usuarios		
Coordinador	Recibe los datos de la dirección y realiza una solución. Se reúne con la dirección para evaluar la solución y realizar una nueva si es necesario. Toma decisiones sobre los baremos de la solución y envía los comunicados pertinentes.	
Dirección	Gestiona las nuevas altas y bajas de clientes y empleados para el trimestre que entra, revisa los datos y se los envía al coordinador. Prepara las reuniones de toma de decisiones y participa en ellas. Evalúa la solución y toma decisiones sobre la misma	
Interesados		
Coordinador	Necesita comprobar que el plan anterior en el que se estaba basando sigue siendo viable	
Dirección	Comprueba posibles cambios en la organización y en la planificación	
Facilitadores	Recibe una confirmación o una modificación de los lugares de trabajo a los que debe acudir durante el siguiente trimestre, así como del número de usuarios a coordinar	
Trabajadores	Recibe una confirmación o una modificación de los lugares de trabajo a los que debe acudir durante el siguiente trimestre	
Trigger	Inicio de un nuevo trimestre	
Este caso es una revisión de la planificación a largo plazo y se iniciará cada nuevo trimestre con cierto margen de actuación. Depende además de la información que se reciba de planes más detallados. Se pondrá en marcha a través de la dirección del centro que dará el aviso al coordinador, que lo cerrará con un comunicado		
Flujo de información		
Envía		A
Necesidad de cambio en la planificación	Interesados	
Planificación del trimestre	Caso A.3, Plan Semanal, Interesados	
Previsión del cumplimiento de la demanda durante el siguiente trimestre	Interesados	
Nuevas instrucciones de trabajo	Interesados	
Recibe		De
Datos sobre cantidad de trabajadores y facilitadores	Base de datos	
Skill de los trabajadores	Base de datos (cálculo Plan Diario)	
Ratio de trabajadores/facilitador y ponderaciones	Usuarios	
Planificación previa	Base de datos	
Demanda semanal de trabajadores por puesto	Base de datos	
Datos relevantes		
Duración de la solución	3 - 9 meses	
Margen previo al trigger	1.5 meses	
Periodo de campaña de nuevos clientes/empleados	0.5 meses	
Tiempo para realizar la primera solución	0.25 meses	
Aporta solución	En cambios relevantes	
Comunicación coordinador – dirección	Informal	
Comunicado coordinador – empleados	Oficial	

Tabla 7. Caso A.2

Diseño de un sistema automático de organización de trabajadores de capacidades diversas en puestos de trabajo para un Centro Especial de Empleo (Espurna CEE, SLU)

5.3.4.3 Esquema del flujo de información

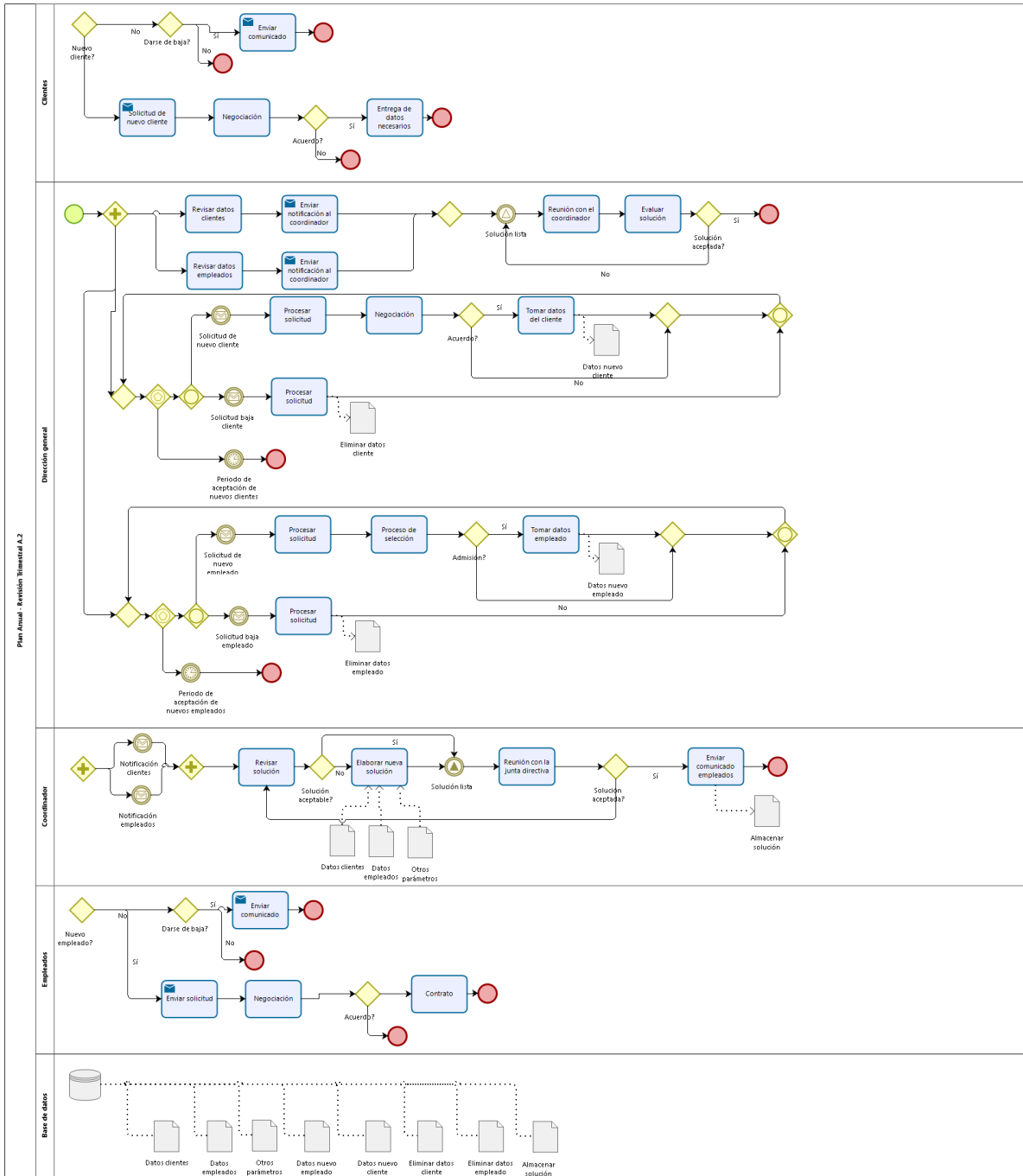


Ilustración 4. Diagrama caso A.2

5.3.4.4 Calendario de uso

Diseño de un sistema automático de organización de trabajadores de capacidades diversas en puestos de trabajo para un Centro Especial de Empleo (Espurna CEE, SLU)

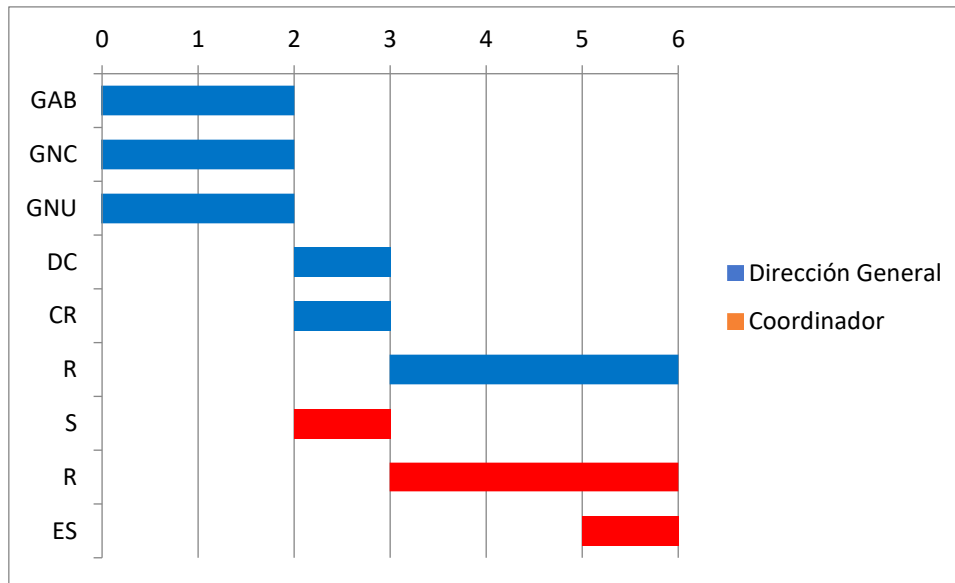


Ilustración 5. Calendario de uso A.2

- GNC: Gestión de nuevos clientes
- GNU: Gestión de nuevos usuarios
- DC: Enviar datos al coordinador
- CR: Convocar reunión
- R: Reunión
- S: Realizar solución
- ES: Enviar la solución a los interesados

En este caso el calendario de las tareas necesarias está mucho más simplificado, ya que los datos referidos a los clientes se han obtenido a través de sistemas de control en casos posteriores, y por tanto se queda reducido a la gestión de los nuevos clientes, empleados y posibles bajas de algunos de los empleados, además de la planificación de este.

Este caso se deberá realizar todos los trimestres, por lo que se dispone de menos tiempo de margen para poder ejecutar todos los procesos necesarios. Es por eso por lo que el coordinador dispondrá de tan solo una semana para hallar la primera solución, a partir de la cual comenzarán las distintas iteraciones de reunión solución entre la dirección y el coordinador hasta que acabe el plazo y el coordinador deba comunicar a los interesados el resultado final.

5.3.5 CASO A.3 – RECÁLCULO DE EMERGENCIA

5.3.5.1 Descripción general y flujo de información

Como último caso de uso dentro del plan anual se tiene el recálculo de emergencia. Existe la posibilidad de que a mitad de un periodo de revisión se produzca un cambio importante en la fundación que afecte en gran medida al plan previo, como puede ser la baja repentina de varios empleados o el incremento repentino de alguna demanda. En ese caso se deberá realizar un reajuste de emergencia del plan que sea válido como mínimo hasta la siguiente reunión trimestral.

Diseño de un sistema automático de organización de trabajadores de capacidades diversas en puestos de trabajo para un Centro Especial de Empleo (Espurna CEE, SLU)

Esto se define en el esquema *Ilustración 6. Diagrama caso A.3*, que, como se puede apreciar, resulta más escueto que sus predecesores. Esto es debido a su naturaleza de excepcionalidad, que lo convierte en un plan de acción que requiere un flujo de información mucho más directo, sencillo y con el menor número de subprocesos posible.

El evento que dispara este caso de uso es que, desde el plan semanal, que se detallará más adelante, se reciba que se han producido cambios en la planificación. Lo primero que realizará el coordinador en este caso es revisar los cambios para comprobar que sean de importancia y que van a tener un impacto real en la planificación a largo plazo.

En el caso de que así será necesario establecer una nueva solución que sirva para organizar la producción hasta que en la próxima reunión trimestral se retome el cauce natural de las cosas. Por eso, se procederá a revisar la solución, para establecer si la anterior se sigue pudiendo emplear o es necesario generar una nueva.

En el caso de que no siga siendo válida, será también el coordinador el encargado de generar un nuevo plan alternativo, y en cualquier caso deberá enviar un comunicado a la dirección sobre los problemas que ha habido y la solución a la que se ha llegado. No obstante, el coordinador en este caso de uso tendrá potestad para aplicar la solución sin necesidad de recibir la autorización de la dirección, ya que entra en el campo de la excepcionalidad y esta debería poder ponerse en marcha cuanto antes.

Es necesario remarcar también que, debido a lo abrupto del cambio, en el caso de que las vacaciones de algún empleado se vean alteradas estos tendrán un periodo en el cual podrán reclamar. Estas reclamaciones serán aceptadas o desestimadas por el propio coordinador, que deberá evaluar las razones de esta y las consecuencias de aceptar la reclamación, y tomar una resolución en consecuencia. Dependiendo de cada caso individual es posible que se deba compensar a un empleado en caso de que se rechace su reclamación, pero este proceso no ha sido considerado en el flujo de información por temas de simplificación.

Una vez el periodo de reclamaciones ha terminado, el coordinador enviaría un comunicado a los empleados con el nuevo horario de trabajo, en caso de que se hubieran producido cambios. Este comunicado será meramente informativo, ya que los empleados no tendrán ningún poder sobre él una vez se haya determinado.

Por otro lado, la dirección general recibirá el comunicado del coordinador y realizará los preparativos necesarios para poder retomar un funcionamiento normal de la empresa en la siguiente reunión trimestral.

5.3.5.2 Tabla descriptiva

Diseño de un sistema automático de organización de trabajadores de capacidades diversas en puestos de trabajo para un Centro Especial de Empleo (Espurna CEE, SLU)

RECÁLCULO DE EMERGENCIA		A.3
Descripción General		
El coordinador deberá, mediante la herramienta seleccionado y los nuevos datos disponibles de los cambios repentinos obtener una nueva solución al plan anual. Esta solución se hará efectiva con inmediatez y tendrá una validez hasta la próxima reunión trimestral. Se intentará que los cambios sean los mínimos posibles y que los implicados perciban las menos variaciones posibles, especialmente en las vacaciones, pero el cumplimiento de la demanda será el criterio esencial		
Usuarios		
Coordinador	Recibe los cambios que se hayan producido que puedan alterar la planificación. Revisa la solución, elabora una nueva si es necesario y comunica el resultado final tanto a dirección como empleados. Tomará las decisiones necesarias para encontrar la solución	
Dirección	Evalúa la solución que reciba por parte del coordinador. Se encarga de hacer todos los preparativos para la siguiente reunión trimestral, en la que se tratara la emergencia que hubiera habido	
Interesados		
Coordinador	Requiere de un plan viable en caso de que se hayan producido cambios inesperados	
Dirección	Comprueba posibles cambios en la organización y en la planificación	
Facilitadores	Puede recibir una modificación de los lugares de trabajo a los que debe acudir durante lo que resta de trimestre, así como del número de usuarios a coordinar	
Trabajadores	Puede recibir una modificación de los lugares de trabajo a los que debe acudir durante lo que resta de trimestre	
Trigger	Cambios desde el plan semanal	
Este caso de uso tan solo se ejecutará cuando el plan semanal (en su correspondiente caso) notifique a través de la base de datos que ha habido algún cambio relevante en algún aspecto de la organización. Esto puede significar una necesidad de cambio en la planificación de lo que resta de trimestre, por tanto se activará este caso de uso		
Flujo de información		
Envía	A	
Necesidad de cambio en la planificación	Interesados	
Planificación de lo que resta del trimestre	Caso A.3, Plan Semanal, Interesados	
Cambios en el cumplimiento de la demanda	Interesados	
Nuevas instrucciones de trabajo	Interesados	
Recibe	De	
Datos sobre cantidad de trabajadores y facilitadores	Base de datos	
Skill de los trabajadores	Base de datos (cálculo Plan Diario)	
Ratio de trabajadores/facilitador y ponderaciones	Usuarios	
Planificación previa	Base de datos	
Demanda semanal de trabajadores por puesto	Base de datos	
Cambios que se hayan producido	Base de datos (plan semanal)	
Datos relevantes		
Duración de la solución	Lo que resta del trimestre	
Tiempo para realizar la primera solución	1 semana	
Comunicación coordinador – dirección	Oficial	
Aporta solución	En cambios relevantes	
Comunicado coordinador – empleados	Oficial	
Periodo de reclamación de vacaciones	1 semana	

Tabla 8. Caso A.3

Diseño de un sistema automático de organización de trabajadores de capacidades diversas en puestos de trabajo para un Centro Especial de Empleo (Espurna CEE, SLU)

5.3.5.3 Esquema del flujo de información

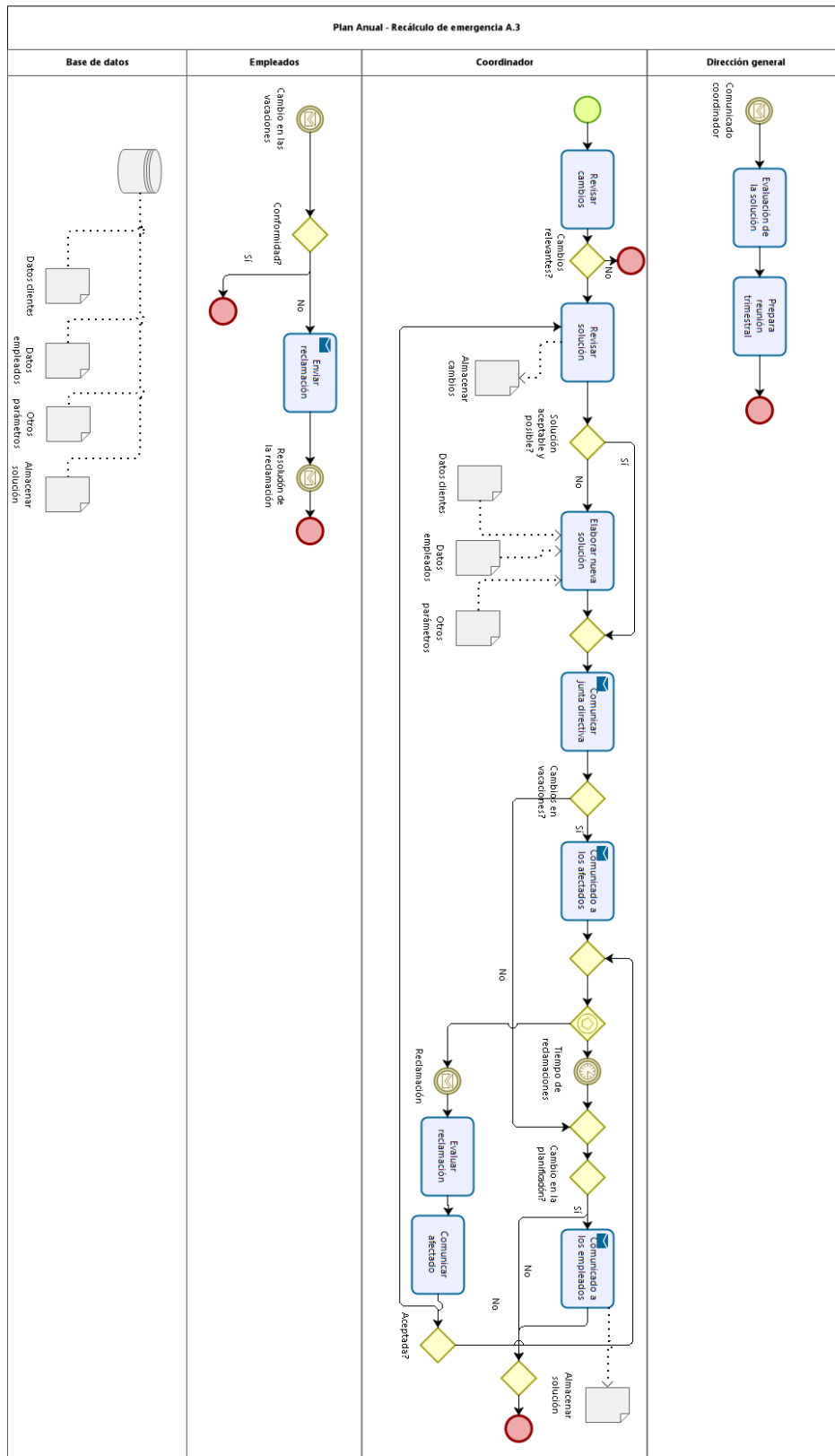


Ilustración 6. Diagrama caso A.3

5.3.5.4 Calendario de uso

Este caso de uso es el primero que se ve del sistema de gestión de emergencias, y por tanto su punto de inicio no está fijado en el tiempo, si no que dependerá del fallo o la situación excepcional en alguno de los otros planes, a través de los cuales viajará el error, de lo más cercano al momento de realizarse a lo más lejano a este hasta llegar a este caso de uso.

Por eso se ha generado una muestra del calendario de actuación, comenzando en una semana aleatoria del trimestre, que no tiene porqué corresponder a la acción real.

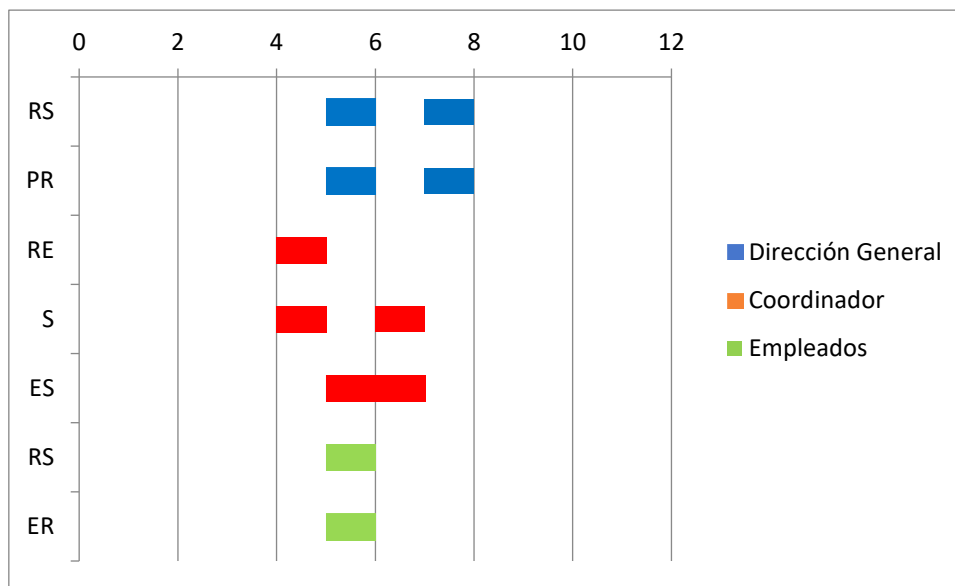


Ilustración 7. Calendario de uso A.3

Leyenda:

- RE: Recibir señal de que ha sucedido algún cambio o emergencia
- S: Realizar solución
- ES: Enviar la solución a los interesados
- RS: Recibir la solución
- PR: Preparar la reunión trimestral
- ER: Enviar reclamación sobre vacaciones
- EVR: Evaluar reclamaciones sobre vacaciones

Este caso, como todos los referidos a emergencias, tiene muy pocas acciones a realizar y estas se harán muy rápidamente, para facilitar una actuación ágil ante esas circunstancias.

El coordinador será en esta ocasión la figura sobre la que recae la mayor parte de las tareas, y deberá encontrar una nueva solución rápidamente, así como gestionar la comunicación y evaluar las reclamaciones lo antes posible para poder ponerla en marcha.

5.4 PLAN SEMANAL

5.4.1 DESCRIPCIÓN GENERAL

A continuación, se detallarán las características necesarias del plan semanal. El plan semanal supone el eje vertebrador del sistema de planificación. Se ejecuta tanto al medio como al corto plazo para proporcionar las instrucciones concretas de distribución. Al contrario que el plan anual, el plan semanal correspondería al periodo semilíquido y congelado, por lo que será fuertemente vinculante, y en contraposición al diario se ejecutará en condiciones normales determinando la dirección real de las operaciones.

Una de sus características principales es la concreción, por lo que su unidad de medida del tiempo serán los días. De la resolución del plan semanal se obtiene una planificación detallada de qué empleado va a ir a cada lugar de trabajo concreto y que días exactos va a tener vacaciones en las semanas que correspondan dependiendo del caso de uso. De esta manera también se podrá entregar al cliente de cuantos empleados exactamente podrá disponer cada día.

Por esto el plan semanal requiere de ser alimentado con datos detallados tanto de las necesidades de los distintos clientes, como de la situación y capacidad de cada empleado para realizar cada tipo de tarea. Para esto recibe información tanto del plan anual como el diario, pero sobre todo del sistema de gestión de datos.

Al igual que en el plan anterior, se han plasmado las características principales de este en una tabla (*Tabla 9. Plan semanal*), en la que se pueden ver sus usuarios, interesados, casos de uso, inputs, outputs, flujo de información, herramientas, casos de fallo...

Por último, el plan semanal es el que más casos de uso presenta, llegando a un total de cuatro, lo que refleja nuevamente lo que se ha descrito anteriormente: este plan es la pieza central del sistema de operaciones. Los casos de uso se describirán a continuación de manera detallada.

5.4.2 TABLA DESCRIPTIVA

Diseño de un sistema automático de organización de trabajadores de capacidades diversas en puestos de trabajo para un Centro Especial de Empleo (Espurna CEE, SLU)

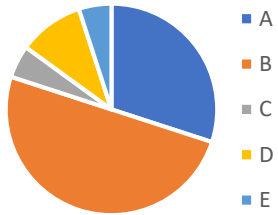
PLAN SEMANAL		
Usuarios	Interesados	Repercusión
<ul style="list-style-type: none"> • Dirección • Coordinador 	Dirección	Plan para el periodo congelado. Concreción del plan para la semana de cálculo. Confirmación del cumplimiento de la demanda
	Coordinador	Lugar de trabajo y días de descanso la semana a calcular.
	Facilitadores	Confirmación de las vacaciones del plan anual
	Trabajadores	Cantidad de trabajadores a recibir la semana próxima
	Contratantes	
Casos de Uso		Triggers
Planificación trimestral		A mitad del trimestre actual para el siguiente
Confirmación trimestral		Inicio de un nuevo trimestre laboral
Recálculo de emergencia		Al recibir cambios desde el plan diario
Reestructuración del trimestre		En caso de activarse el recálculo de emergencia
Inputs		Outputs
<ul style="list-style-type: none"> • Cantidad de trabajadores y facilitadores • Skill de los trabajadores • Ratio de trabajadores/facilitador • Demanda de trabajadores por puesto • Planificación del trabajo dado por el plan anual • Vacaciones planificadas para los empleados • Cantidad de días libres por semana de cada empleado y cuántos de estos deben ser seguidos. • Festivos la semana de cálculo • Incompatibilidad entre trabajadores y facilitadores 		<ul style="list-style-type: none"> • Lugar de trabajo de cada trabajador cada día la semana de cálculo • Lugar de trabajo de cada facilitador cada día la semana de cálculo • Días libres de cada empleado la semana de cálculo • Confirmación o negación de las vacaciones para la semana de cálculo de cada facilitador y cada trabajador
Herramientas	Requisitos	
Sistema manual	Pantalla de interacción con el usuario	
Sistema de cálculo automático	Modelo matemático	
	Software de resolución del modelo	
	Sistema de generación de datos	
	Pantalla de interacción con el usuario	
Casos de Fallo		
<ul style="list-style-type: none"> • Mal cálculo de la Skill de los trabajadores (A) • Mala introducción de los datos (B) • Cambios inesperados en la plantilla (C) • Defecto en las herramientas (D) • Otros (E) 		

Tabla 9. Plan semanal

5.4.3 CASO 1 – PLANIFICACIÓN TRIMESTRAL

5.4.3.1 Descripción general y flujo de información

El primer caso de uso del plan semanal es la planificación trimestral, que es la guía principal de la distribución de los empleados en los distintos puestos de trabajo para el siguiente trimestre al que

se está trabajando. Este indicará en que puesto de trabajo debe ir cada empleado cada día y el estado del cumplimiento de la demanda ese día.

Este caso de uso, como todos los referidos al plan semanal, resulta de una complejidad en cuanto a procesos menor que los casos habituales del plan anual. Esto es porque a medida que se avanza en el nivel de detalle de la planificación, disminuye el tiempo de respuesta que se tiene, y se requiere que los planes sean más ágiles, y por tanto los procesos más sencillos.

El caso está definido en el diagrama *Ilustración 8. Diagrama caso B.1* y se iniciará a mitad del trimestre actual de trabajo, con el objetivo de obtener la planificación del trimestre siguiente. La primera acción que se deberá realizar será por parte del coordinador (que es el usuario principal en este caso de uso), y consistirá en recopilar la información relativa a los empleados: su continuidad en la empresa, sus circunstancias excepcionales, sus vacaciones...

Esta recopilación se realizará tanto consultando en los datos previamente almacenados en la base de datos del sistema como realizando consultas a los propios empleados. Estas consultas no se han reflejado en el diagrama por temas de simplicidad y por el poco realismo que llevaría el representarlo de manera fija, ya que esta información normalmente se obtiene con mecanismos muy diversos, desde comunicados formales a formas mucho más cordiales.

Una vez se dispone de la información relativa a los empleados, el siguiente paso será hacer una estimación de la demanda que se espera tener el próximo trimestre, acción nuevamente ejecutada por el coordinador. Como se ha mencionado anteriormente en el documento, los clientes sirven la información de la demanda que desean con una o a lo sumo dos semanas de antelación, por lo que será necesario realizar una predicción de la demanda esperada basada en los datos que se van recopilando.

Con todos los datos recopilados el coordinador procederá a realizar una primera solución para el trimestre siguiente. En cuanto esta esté lista, se avisará a la dirección y se tendrá una reunión lo antes posible.

En la reunión se tomará la decisión de aceptar o no la solución presentada por el coordinador, en caso negativo, este deberá realizar una nueva, haciendo los cambios en las consideraciones previas que la dirección le haya indicado o que él considere necesarios. De esta manera se realizarán las iteraciones necesarias hasta que la solución se acepte.

En este caso de uso concreto se permite que los empleados reclamen en el caso de que sus vacaciones hayan sido alteradas, el resultado de la conversión de estas del plan anual al semanal no les resulte aceptable o tengan una queja de cualquier otro tipo. Todo este proceso sucede de manera muy similar a como sucedía en el caso de planificación de emergencia del plan anual, sólo que en este caso siempre se envía un comunicado a los empleados informándoles del horario a nivel diario del siguiente trimestre.

Por su parte los empleados tan sólo influyen en la toma de decisiones en este caso en el hecho de que pueden enviar sus reclamaciones formales, que pueden o no ser aceptadas por el coordinador.

5.4.3.2 Tabla descriptiva

PLANIFICACIÓN TRIMESTRAL		B.1
Descripción General		
El coordinador empleará las herramientas correspondientes al plan semanal y obtendrá una solución para este para el próximo trimestre. En la obtención de la solución se debe tener en cuenta que la máxima es realizar los mínimos cambios posibles en el plan anual, siempre anteponiendo por otra parte el cumplimiento de la demanda. Acto seguido comunicará los resultados a la dirección que tendrá que confirmarlos.		
Usuarios		
Coordinador	Al comenzar un nuevo trimestre, tras haber revisado la solución al largo plazo deberá realizar la planificación al detalle del trimestre que entra. Participa en la toma de decisiones sobre ponderaciones y datos	
Dirección	Tiene una reunión con el coordinador en la que se evaluará la solución presentada y se decidirá si es válida o no. Toma decisiones activas sobre las ponderaciones y datos a emplear	
Interesados		
Coordinador	Necesita un plan en detalle para ejecutar las órdenes de producción	
Dirección	Asegura el cumplimiento de la demanda y comprueba la materialización de la planificación a largo plazo	
Facilitadores	Recibe la confirmación de los puestos a los que debe acudir cada día, el número de usuarios a coordinar y sus vacaciones para el siguiente trimestre	
Trabajadores	Recibe la confirmación de los puestos a los que debe acudir cada día y sus vacaciones para el siguiente trimestre	
Clientes	Recibe una confirmación de que su demanda podrá ser satisfecha	
Trigger	Inicio de un nuevo trimestre	
Este caso supone la materialización de la planificación a largo plazo, resultando en una planificación al detalle. Empezará cierto tiempo antes del inicio del siguiente trimestre y el coordinador comenzará a realizarlo de manera autónoma		
Flujo de información		
Envía		A
Planificación al detalle del siguiente trimestre		Plan Diario, Interesados
Vacaciones confirmadas del siguiente trimestre		Interesados
Recibe		De
Datos sobre cantidad de trabajadores y facilitadores		Base de datos
Skill de los trabajadores		Base de datos (cálculo Plan Diario)
Ratio de trabajadores/facilitador y ponderaciones		Usuarios
Planificación previa		Base de datos (Plan Anual)
Demanda semanal de trabajadores por puesto		Base de datos
Datos relevantes		
Duración de la solución		3 meses
Margen previo al trigger		1.5 meses
Tiempo para realizar la primera solución		1 semana
Comunicación coordinador – dirección		Oficial
Aporta solución		Siempre
Comunicado coordinador – empleados		Informal
Periodo de reclamación de vacaciones		1 semana

Tabla 10. Caso B.1

Diseño de un sistema automático de organización de trabajadores de capacidades diversas en puestos de trabajo para un Centro Especial de Empleo (Espurna CEE, SLU)

5.4.3.3 Esquema del flujo de información

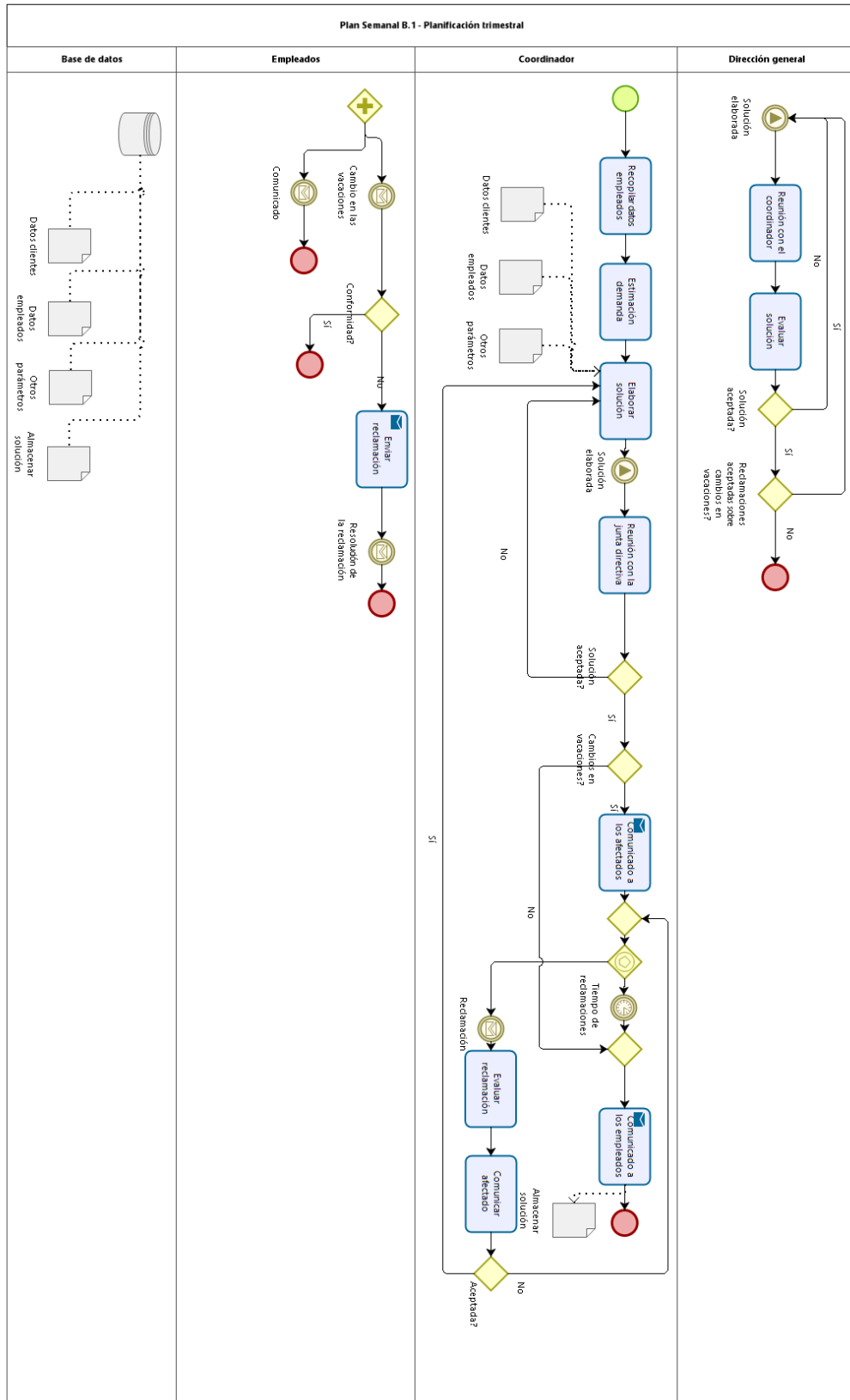


Ilustración 8. Diagrama caso B.1

5.4.3.4 Calendario de uso

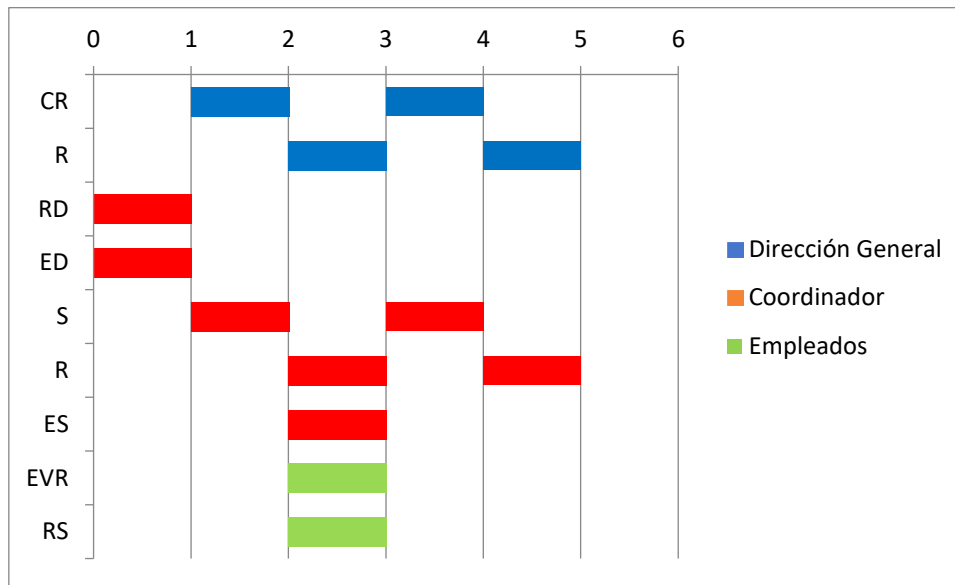


Ilustración 9. Calendario de uso B.1

Leyenda:

- RD: Recibir los datos correspondientes de los clientes y empleados
- ED: Estimar la demanda de los clientes
- S: Realizar solución
- CR: Convocar reunión
- R: Reunión
- ES: Enviar solución a los interesados
- RS: Recibir solución
- ER: Enviar reclamación sobre vacaciones
- EVR: Evaluar reclamaciones sobre vacaciones

Como se puede apreciar, el margen de actuación de este plan es bastante más reducido que el del plan anual. Esto es el curso natural de las cosas, y se acentuará cada vez más a medida que se aproxime al trabajo diario.

El coordinador deberá la primera semana recibir de la base de datos y de casos venideros la información relativa a la demanda de los clientes y el rendimiento de los trabajadores, datos con los cuales completará la estimación de la demanda de los clientes durante el siguiente trimestre de trabajo. Dispondrá de una semana para esa tarea.

Después deberá realizar la primera solución a la planificación, para la cuál dispone también de una semana de margen, después, se reunirá con la dirección para hallar una solución definitiva a falta de las reclamaciones.

Como en casos anteriores, los empleados tendrán derecho a reclamar durante una semana el que no se modifiquen sus vacaciones (no es una garantía de nada, pero se tendrá en cuenta) y deberán

encargarse ellos mismos de formalizar la petición. El coordinador evaluará las reclamaciones y dependiendo de esto podrá haber una segunda reunión donde se encuentre la que será la planificación definitiva para el siguiente trimestre a nivel diario.

Al ser este un caso de uso tan vital, y sin unos márgenes tan amplios como los del plan anual, se deja una semana en caso de que alguna de las actividades anteriores se retrase.

5.4.4 CASO 2 – CONFIRMACIÓN TRIMESTRAL

5.4.4.1 Descripción general y flujo de información

Justo antes del comienzo de un nuevo periodo trimestral es necesaria una confirmación de que el plan establecido a mitad del trimestre anterior sigue siendo vigente aún con los posibles cambios en la previsión de la demanda y otras posibles variaciones. Es por esto por lo que se realiza una comprobación justo antes de comenzar el siguiente periodo.

El plan comenzará, tal y como se indica en su correspondiente diagrama (*Ilustración 10. Diagrama caso B.2*) al inicio de un trimestre laboral. Al igual que en los casos anteriores, esta es una simplificación, ya que en realidad se ejecutará con cierta holgura con respecto al supuesto inicio, pero por claridad en el diagrama se ha definido así.

Una vez comenzado el coordinador deberá determinar si se ha producido algún cambio que pueda afectar a la planificación desde que se realizó el plan para el siguiente trimestre. Dentro de estos cambios se engloba la evaluación de manera más precisa de la previsión de la demanda, ya que, al ser más cercana a la fecha de ejecución del trabajo, se dispondrá de más información. En caso de que no sea así comprobará la solución de este para asegurarse de que no hubo ningún fallo y ahí terminaría el proceso.

Por otra parte, tanto en el caso de que sí que hubiera algún cambio relevante o de que la solución resultase estar mal calculada el coordinador procederá a comunicárselo inmediatamente a la dirección del centro y procederá a la elaboración de una nueva solución (sin que sea requerida la intervención de la dirección).

Una vez se disponga de una nueva solución, se pasará al proceso de iteración sobre soluciones en reunión con la dirección que se ha descrito en anteriores casos. Asimismo, también se permitirán reclamaciones sobre el cambio de vacaciones en este caso, siguiendo una estructura casi idéntica al caso anterior, variando el tiempo de reclamación y el hecho de que no se enviará comunicado si no se produce ningún cambio.

La dirección general sólo participará en este caso de uso si ha sido necesario algún cambio en la solución, por lo demás sus tareas y flujo de información serán las mismas que en el caso de planificación trimestral.

Con respecto a los empleados. estos conservarán el mismo patrón de comportamiento que el mostrado en los planes anteriores.

Diseño de un sistema automático de organización de trabajadores de capacidades diversas en puestos de trabajo para un Centro Especial de Empleo (Espurna CEE, SLU)

Es necesario remarcar, que este es un caso de control, y por lo tanto no se cuenta con toda la holgura de tiempo que se podría desear, y muchos cambios de última hora pueden generar un descontento en los empleados. Es por esto por lo que será de vital importancia realizar una fuerte inversión en recursos para que el caso de uso anterior de una solución de la máxima calidad posible, de forma que se minimice el uso en las circunstancias propias de este caso.

5.4.4.2 Tabla descriptiva

Diseño de un sistema automático de organización de trabajadores de capacidades diversas en puestos de trabajo para un Centro Especial de Empleo (Espurna CEE, SLU)

CONFIRMACIÓN TRIMESTRAL		B.2
Descripción General		
El coordinador determinará si ha habido algún cambio sustancial en los datos de los que se alimenta el plan semanal. En el caso afirmativo operará al igual que en el anterior caso de uso y obtendrá la nueva solución, que se deberá comunicar a la dirección de forma inmediata, que tomará las medidas que correspondan.		
Usuarios		
Coordinador	El coordinador tiene el deber de comprobar que la solución que se va a poner en marcha es correcta, lo que da lugar a este caso de uso, que obliga al coordinador a una comprobación antes de poner en marcha la planificación diaria	
Dirección	Recibe un comunicado por parte del coordinador de que la solución ha sido alterada. Deberá entonces evaluar la nueva solución que el coordinador presente y tomar decisiones sobre esta	
Interesados		
Coordinador	Requiere el controlar la planificación y reducir al máximo la probabilidad de fallo	
Dirección	Reduce la probabilidad de fallo al cliente y da a la dirección datos sobre la calidad de la planificación (en base a las veces que se falla)	
Facilitadores	En caso de fallo, recibe la información de los nuevos puestos a los que debe acudir cada día, así como el nuevo número de usuarios a coordinar y sus vacaciones para el siguiente trimestre	
Trabajadores	En caso de fallo, recibe la información de los nuevos puestos a los que debe acudir cada día, así como sus vacaciones para el siguiente trimestre	
Trigger	Inicio de un nuevo trimestre	
Este caso es una versión del anterior que se realiza tras haber pasado el margen para comprobar que el inicio va a ser correcto. Por eso se realiza al inicio de cada trimestre, sin margen ninguno, para asegurar un buen funcionamiento de la planificación diaria. El coordinador es el encargado de iniciarlo		
Flujo de información		
Envía		A
Necesidad de cambio en la planificación	Interesados	
Planificación al detalle del siguiente trimestre	Plan Diario, Interesados	
Vacaciones confirmadas del siguiente trimestre	Interesados	
Recibe		De
Datos sobre cantidad de trabajadores y facilitadores	Base de datos	
Skill de los trabajadores	Base de datos (cálculo Plan Diario)	
Ratio de trabajadores/facilitador y ponderaciones	Usuarios	
Planificación previa	Base de datos (Caso B.1)	
Demanda semanal de trabajadores por puesto	Base de datos	
Datos relevantes		
Duración de la solución	3 meses	
Tiempo para realizar la primera solución	1 día	
Comunicación coordinador – dirección	Oficial	
Aporta solución	En cambios relevantes	
Comunicado coordinador – empleados	Oficial	
Periodo de reclamación de vacaciones	1 día	

Tabla 11. Caso B.2

5.4.4.3 Esquema del flujo de información

Diseño de un sistema automático de organización de trabajadores de capacidades diversas en puestos de trabajo para un Centro Especial de Empleo (Espurna CEE, SLU)

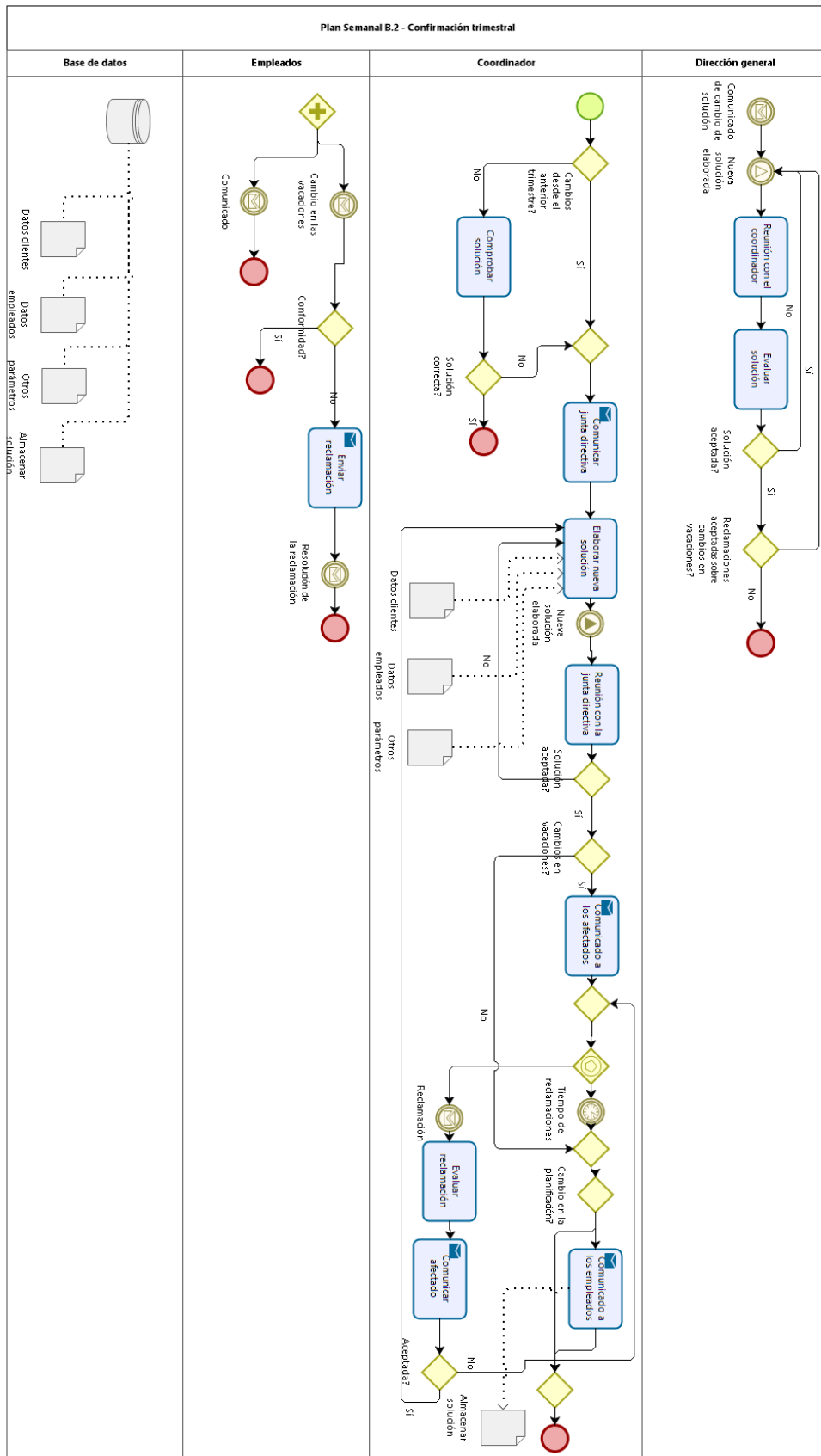


Ilustración 10. Diagrama caso B.2

5.4.4.4 Calendario de uso

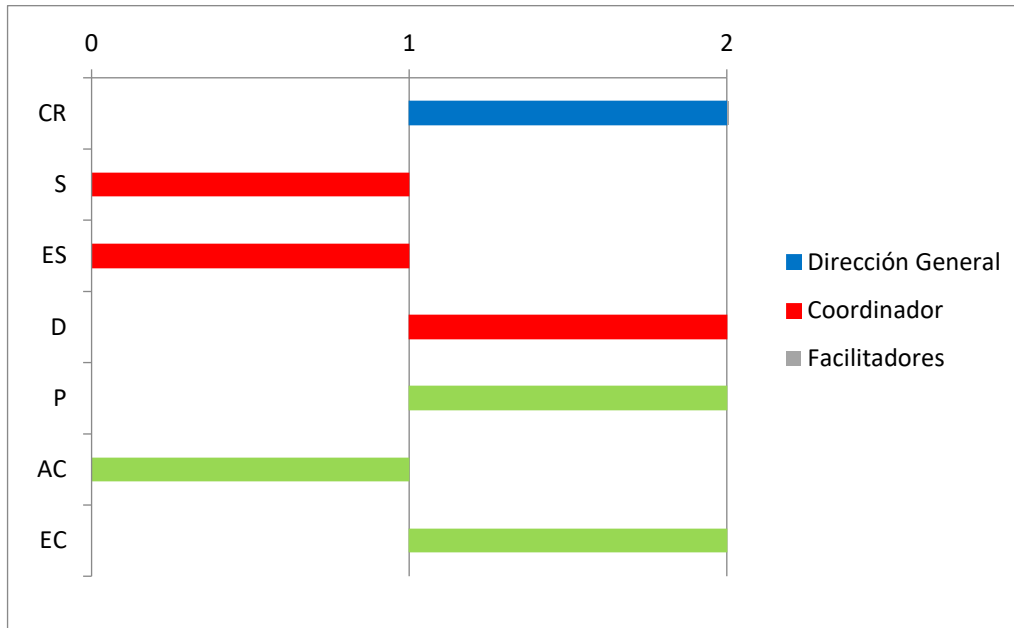


Ilustración 11. Calendario de uso B.2

Leyenda:

- S: Realizar solución
- CR: Convocar reunión
- R: Reunión
- ES: Enviar solución
- ER: Enviar reclamación
- EVR: Evaluar reclamaciones

Este caso pertenece al apartado de control y gestión de fallos y emergencias, por lo que no dispondrá de un margen para poder ejecutarse, aunque sí de una fecha fija, que será al inicio de cada trimestre como última comprobación de que la solución es correcta.

Se dispondrá de una semana desde que se detecte que la solución anterior no era correcta hasta que se obtenga una nueva totalmente funcional. Seguirá una estructura muy similar a la del anterior caso, pero con unos márgenes de tiempo mucho más reducidos, forzando a los implicados a realizar las tareas en mucho menos tiempo.

5.4.5 CASO 3 – RECÁLCULO DE EMERGENCIA

5.4.5.1 Descripción general y flujo de información

En la fundación y en general cuando se trata con una gran cantidad de empleados y clientes puede haber muchos cambios repentinos en la planificación, por eso es necesario que al inicio de cada semana se compruebe la validez del plan actual para dicha semana. En el caso de que se produzcan cambios se estaría entonces en el campo de las emergencias y la solución puede que sea poco adecuada y tendrá una validez de tan sólo unos días, hasta que pueda encontrarse una solución mejor.

Diseño de un sistema automático de organización de trabajadores de capacidades diversas en puestos de trabajo para un Centro Especial de Empleo (Espurna CEE, SLU)

Descrito en el diagrama *Ilustración 12. Diagrama caso B.3* y, como se ha comentado anteriormente, perteneciendo al ámbito de las emergencias, este plan resulta uno de los de menor complejidad posible, ya que es una simplificación de casos anteriores a fin de adaptarlos a la nueva situación, para la que hará falta actuar con rapidez y efectividad para proveer de una solución temporal que solviente el problema.

Este caso de uso puede encontrar una solución debido a dos motivos principales: ha habido cambios desde el plan diario, y por tanto se debe reajustar la semana venidera o durante una comprobación rutinaria se hayan fallos. Esta solución pasará por el proceso de validación con respecto a cambios en vacaciones que se ha visto anteriormente, con la excepción de que el tiempo de reclamación en este caso será muy breve.

Una vez se haya concluido este proceso, el coordinador procederá a comunicar a la dirección la problemática y la nueva solución (en el caso de que la hubiera) y toda esta información se recopilará para el siguiente caso de uso B.4.

Al encontrarse en una situación de emergencia, es necesario que la solución que se dé pueda ser aplicada con la mayor celeridad posible, por lo que el coordinador tendrá la potestad para poner en marcha el plan resultante de este caso de uso, al menos hasta la próxima reunión con la dirección en el siguiente caso de uso, que se describirá más adelante.

Es por esto por lo que la dirección del centro tiene un papel mucho más secundario en este plan, limitándose a recibir la información del coordinador y haciendo los preparativos necesarios para la aplicación del siguiente plan que será el que restablezca el orden normal de funcionamiento. Los empleados por otra parte mantendrán el patrón de comportamiento habitual.

5.4.5.2 Tabla descriptiva

Diseño de un sistema automático de organización de trabajadores de capacidades diversas en puestos de trabajo para un Centro Especial de Empleo (Espurna CEE, SLU)

RECÁLCULO DE EMERGENCIA		B.3
Descripción General		
El coordinador obtendrá una solución para la semana siguiente, comprobando que se mantiene al máximo posible lo planificado hasta el momento. En el caso de que hubiera cambios significativos deberá avisar a los implicados de su nueva localización durante la semana venidera y de si es necesario algún cambio en sus vacaciones.		
Usuarios		
Coordinador	Al igual que el caso anterior, el coordinador tendrá el deber de comprobar la bonanza de la solución antes de ejecutarla, solo que este caso se realizará todas las semanas antes de iniciar la planificación de estas	
Dirección	Recibe un comunicado por parte del coordinador de que la solución ha sido alterada. Deberá entonces evaluar la nueva solución que el coordinador presente y tomar decisiones sobre esta	
Interesados		
Coordinador	Requiere el controlar la planificación y reducir al máximo la probabilidad de fallo	
Dirección	Reduce la probabilidad de fallo al cliente y da a la dirección datos sobre la calidad de la planificación (en base a las veces que se falla)	
Facilitadores	En caso de fallo, recibe la información de los nuevos puestos a los que debe acudir y usuarios a coordinar cada día durante la siguiente semana	
Trabajadores	En caso de fallo, recibe la información de los nuevos puestos a los que debe acudir cada día durante la siguiente semana	
Trigger	Inicio de cada semana	
Este caso es el comprobante último a nivel semanal de que la planificación marcha adecuadamente. Se comprobará que la solución es válida, y en caso de que no sea así se tomará una nueva. Esto se realizará todas las semanas.		
Flujo de información		
Envía		A
Necesidad de cambio en la planificación	Interesados	
Planificación al detalle de la semana	Plan Diario, Interesados	
Cambios o fallos	Interesados, Caso B.4	
Recibe		De
Datos sobre cantidad de trabajadores y facilitadores	Base de datos	
Skill de los trabajadores	Base de datos (cálculo Plan Diario)	
Ratio de trabajadores/facilitador y ponderaciones	Usuarios	
Planificación previa	Base de datos (Caso B.1)	
Demanda semanal de trabajadores por puesto	Base de datos	
Cambios o fallos	Plan Diario	
Datos relevantes		
Duración de la solución	1 semana	
Tiempo para realizar la primera solución	1 día	
Aporta solución	En cambios relevantes	
Comunicación coordinador – dirección	Oficial	
Comunicado coordinador – empleados	Oficial	

Tabla 12. Caso B.3

5.4.5.3 Esquema del flujo de información

Diseño de un sistema automático de organización de trabajadores de capacidades diversas en puestos de trabajo para un Centro Especial de Empleo (Espurna CEE, SLU)

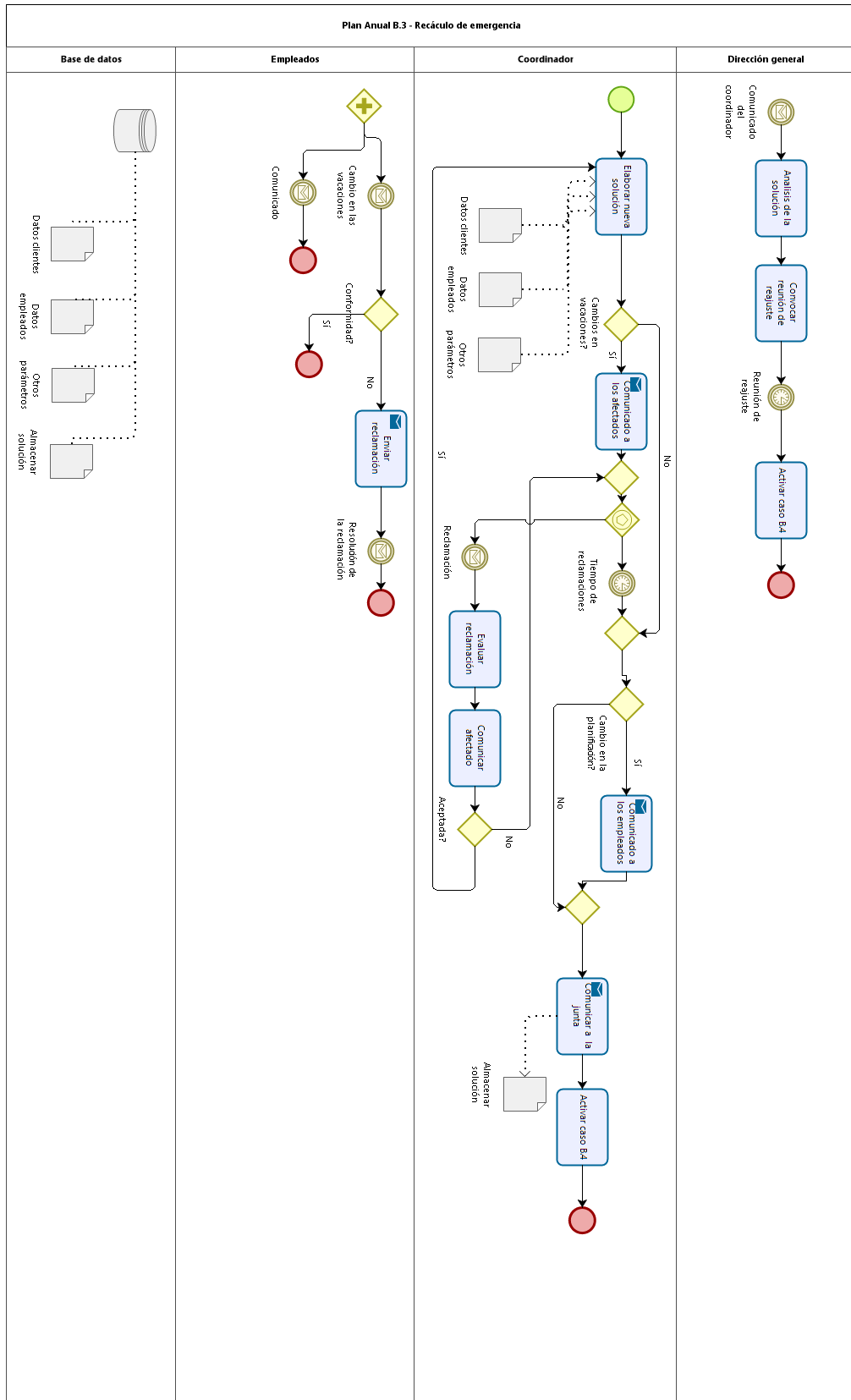


Ilustración 12. Diagrama caso B.3

5.4.5.4 Calendario de uso

Encontramos nuevamente un caso perteneciente al sistema de control y gestión de emergencias. En esta ocasión no se muestra el calendario porque es irrelevante, ya que, en caso de activarse por fallo, la solución deberá ser encontrada ese mismo día para poder aplicarla a partir del día siguiente y durante una semana entera.

De esta manera, el coordinador realizará una solución y la enviará a los implicados, esta solución se mantendrá vigente hasta la siguiente reunión entre la dirección y el coordinador, que se hará lo antes posible, siempre como mucho en una semana de tiempo y corresponderá al caso de uso siguiente.

Las reclamaciones de vacaciones tendrán lugar durante el mismo día que se encuentra la solución. Ya que esta solución solo afecta a una semana, se asume que el volumen de empleados de vacaciones será lo suficientemente pequeño para poder ser gestionado por el coordinador de manera individual con los afectados.

5.4.6 CASO 4 – REESTRUCTURACIÓN DEL TRIMESTRE

5.4.6.1 Descripción general y flujo de información

En el caso de que durante el plan diario se produzca un cambio significativo que altere la planificación de lo que resta de trimestre también se deberá obtener una nueva solución de este través de la herramienta. Esta solución se deberá obtener en una reunión entre el coordinador y la dirección y puede que varíe mucho o nada dependiendo de la naturaleza del cambio que se haya producido en la planificación.

Esta será una solución que no se debería aplicar con frecuencia, sino tan solo cuando ha surgido algún imprevisto, por lo que se considerará que pertenece al rango de los planes de emergencia, pero de una forma un tanto peculiar, ya que será la aplicación que permita pasar de una solución de emergencia a una intermedia para no estar largos periodos de tiempo con una planificación subóptima.

Queda descrito su proceso en el diagrama *Ilustración 13. Diagrama caso B.4* y este se iniciará en el momento en el que se reciba desde el sistema de gestión de datos que ha habido cambios y se ha activado el plan B.3. La dirección entonces procederá a un análisis de la solución actual y convocará una reunión con el coordinador. Durante esa misma reunión se determinará si la solución de la que se dispone actualmente sigue siendo válida. En caso afirmativo, el coordinador realizará un comunicado con el horario del trimestre y el proceso acabará.

Por otra parte, si la planificación no es lo suficientemente buena, se encargará al coordinador realizar una nueva, que deberá presentar en otra reunión, y así sucesivamente hasta encontrar una solución definitiva.

Si en la solución definitiva ha habido cambios en las vacaciones, se abrirá, como es habitual, el periodo de reclamaciones para los empleados, y finalmente, el coordinador avisará de los inminentes

Diseño de un sistema automático de organización de trabajadores de capacidades diversas en puestos de trabajo para un Centro Especial de Empleo (Espurna CEE, SLU)

cambios a los empleados y pasará el nuevo horario de lo que resta del trimestre. En este caso se hará un aviso extra ya que se aplicará este plan de manera un tanto abrupta, por lo que es una buena práctica el comunicar de manera más directa a los empleados que han cambiado de lugar de trabajo.

Por último, desde el punto de vista de los empleados, deberán esperar comunicados y actuar en consonancia, reclamando las vacaciones si así lo consideran y ejecutando las nuevas instrucciones cuando las reciban (cosa que no se refleja en el diagrama porque no se considera que deba formar parte de este).

5.4.6.2 Tabla descriptiva

Diseño de un sistema automático de organización de trabajadores de capacidades diversas en puestos de trabajo para un Centro Especial de Empleo (Espurna CEE, SLU)

REESTRUCTURACIÓN DEL TRIMESTRE		B.4
Descripción General		
El coordinador tomará los cambios en los datos que se hayan en el caso anterior y con esa nueva información y la herramienta que se desee obtendrá una nueva solución. Este plan deberá ser aprobado por la dirección y es susceptible de ser cambiado el próximo trimestre, ya que es un plan de contingencia con carácter temporal.		
Usuarios		
Coordinador	El coordinador en cuanto la dirección convoque la reunión de reajuste deberá obtener una nueva solución, reunirse con la dirección cuando corresponda y acabar con una solución definitiva	
Dirección	En este caso la dirección será la que inicie el proceso, tras recibir del caso B.3 la notificación de que se ha producido una situación irregular. La dirección convocará una reunión de reajuste en la que evaluará una nueva solución junto al coordinador	
Interesados		
Coordinador	Necesita una solución reajustada a las nuevas condiciones de la organización	
Dirección	Es necesaria una nueva planificación al corto-medio plazo para cumplir con los objetivos	
Facilitadores	Recibe la información de los puestos de trabajo a los que debe acudir y los usuarios a coordinar lo que resta de trimestre. Además sabrá si sus vacaciones han sido modificadas	
Trabajadores	Recibe la información de los puestos de trabajo a los que debe acudir lo que resta de trimestre. Además sabrá si sus vacaciones han sido modificadas	
Trigger	En caso de fallo en el caso B.3	
Este caso de uso sirve para volver a lo establecido en caso de que haya un error o cambio durante una semana. Por tanto se ejecutará en esos momentos		
Flujo de información		
Envía		A
Planificación al detalle de lo que resta de trimestre	Plan Diario, Interesados	
Vacaciones de lo que resta de trimestre	Interesados	
Recibe		De
Datos sobre cantidad de trabajadores y facilitadores	Base de datos	
Skill de los trabajadores	Base de datos (cálculo Plan Diario)	
Ratio de trabajadores/facilitador y ponderaciones	Usuarios	
Planificación previa	Base de datos (Caso B.1)	
Cambios o fallos	Base de datos (Caso B.3)	
Demanda semanal de trabajadores por puesto	Base de datos	
Datos relevantes		
Duración de la solución	Lo que resta del trimestre	
Tiempo para realizar la primera solución	3 días	
Comunicación coordinador – dirección	Oficial	
Aporta solución	En caso de cambios relevantes	
Comunicado coordinador – empleados	Oficial	
Periodo de reclamación de vacaciones	3 días	

Tabla 13. Caso B.4

5.4.6.3 Esquema del flujo de información

Diseño de un sistema automático de organización de trabajadores de capacidades diversas en puestos de trabajo para un Centro Especial de Empleo (Espurna CEE, SLU)

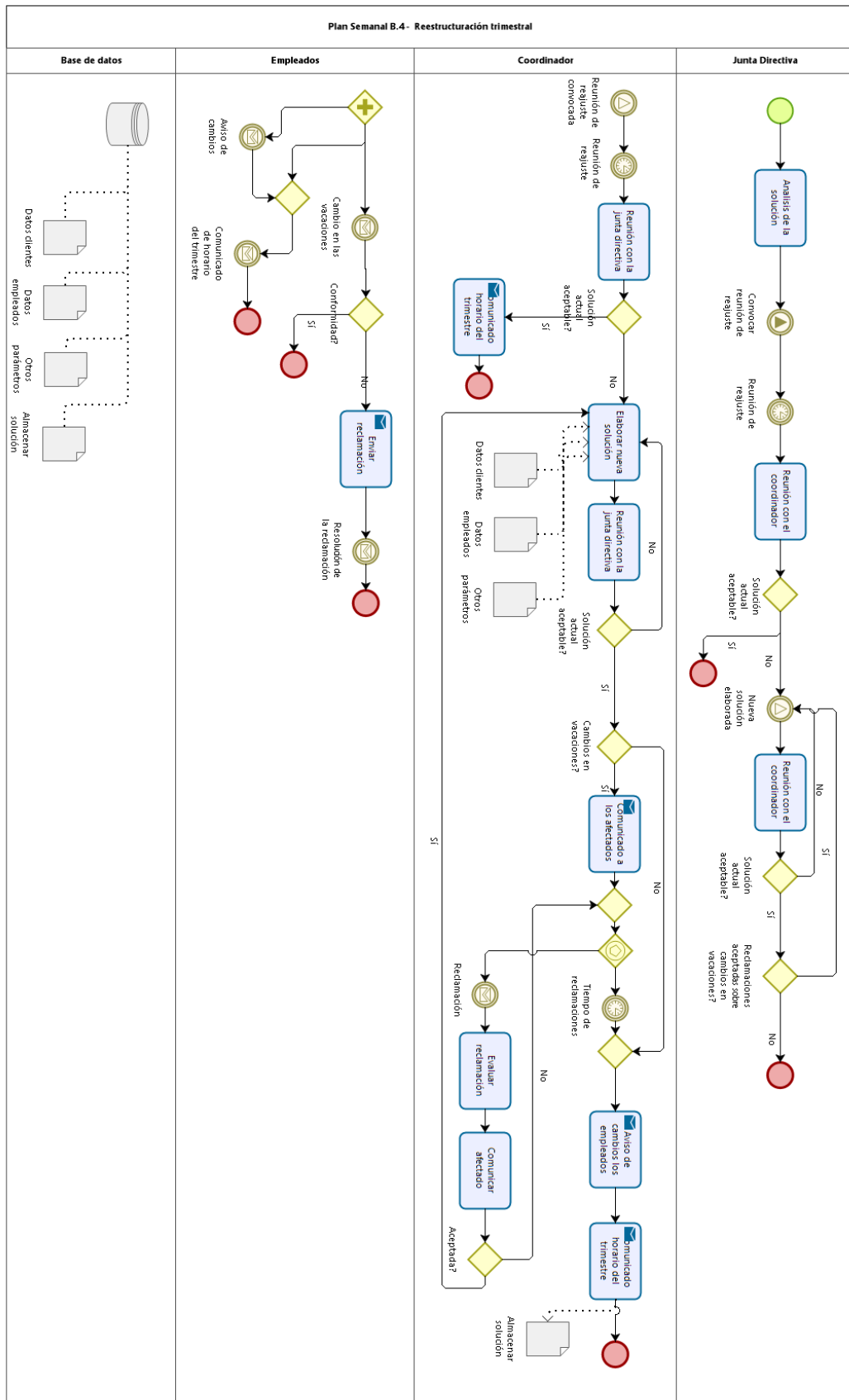


Ilustración 13. Diagrama caso B.4

5.4.6.4 Calendario de uso

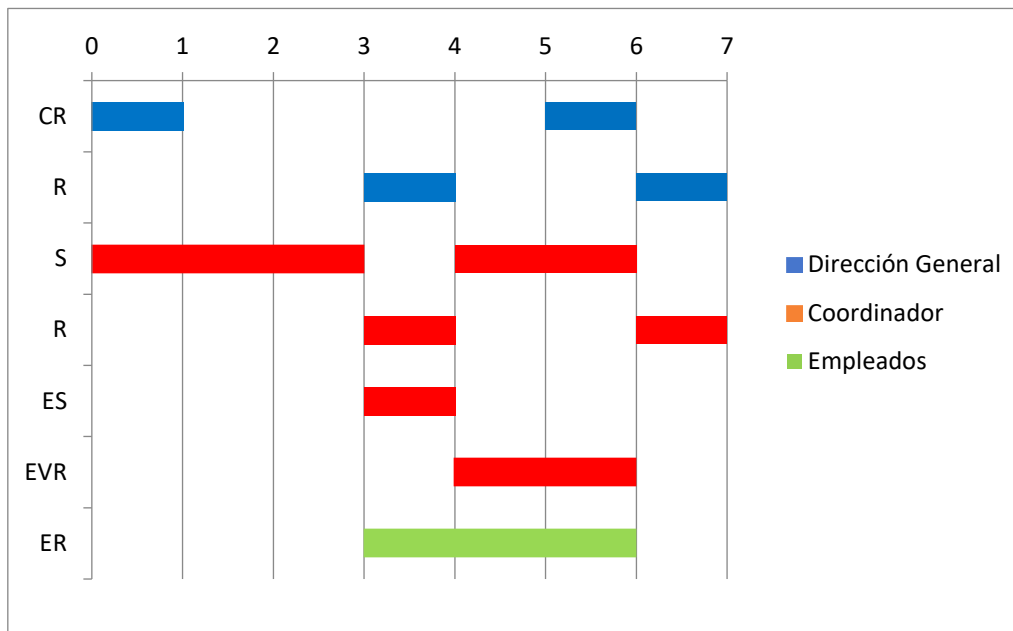


Ilustración 14. Calendario de uso B.4

Leyenda:

- CR: Convocar reunión
- S: Realizar solución
- R: Reunión
- ES: Enviar solución a los interesados
- ER: Enviar reclamación sobre las vacaciones
- EVR: Evaluar reclamación sobre las vacaciones

Este caso se activará en el momento en que se produzca un fallo proveniente del caso anterior. Este deberá encontrar una nueva solución que sea válida para el siguiente trimestre durante una semana, que es lo que será válido el plan anterior.

El coordinador dispondrá de tres días para encontrar una solución, tras lo cual se reunirá con la dirección y establecerán si esta solución es suficientemente buena, y en caso contrario se encontrará una nueva. Tras esto se pasará al periodo de reclamación de vacaciones, esta vez volviendo a recaer el mayor peso sobre el reclamante.

Este periodo se alargará durante tres días, tras lo cual se hallará una nueva solución (si fuera necesario), confirmando la misma en una reunión entre la dirección y el coordinador. Finalmente el coordinador tendrá la tarea de enviar la solución a los implicados.

5.5 PLAN DIARIO

5.5.1 DESCRIPCIÓN GENERAL

Por último, tenemos el plan diario. El plan diario se caracteriza por ser el comprobante de los anteriores planes. Es el último punto de seguridad antes de ejecutar las órdenes planificadas y es el del que finalmente parte la orden definitiva de continuar con lo establecido o realizar una nueva acción.

El plan diario pertenece al periodo congelado, por lo que en teoría no se debería cambiar nunca la planificación, pero se justifican estos cambios en el hecho de que el plan pertenece al ámbito de las emergencias o imprevistos, en los cuales no es posible continuar con el plan tal y como se había estructurado en un inicio. Aunque el resto de los planes tengan también casos de uso de emergencia, el plan diario es el único que se ubica íntegramente en ese ámbito, junto al de mecanismo de seguridad.

Como consecuencia de esto se podrá deducir que los casos de uso del plan diario deben tener un proceso muy escueto y directo, que permita aplicarlo con facilidad. Esto es porque en las situaciones en las que se va a dar se espera tener poco tiempo para reaccionar, que se deba encontrar una solución lo antes posible que permita salir del paso o poder comprobar en pocos segundos si la planificación actual sigue siendo válida.

También se da que el plan diario requiere de menos información con la que alimentarse, para mantener la velocidad de ejecución al máximo. Por esto, se intenta que el número de decisiones y acciones a realizar sea el mínimo posible automatizando la transferencia de información vital y retirando aquellos aspectos de este que, aunque puede que aumentaran la precisión y calidad de la solución, aumentan también considerablemente el tiempo que requeriría obtenerla.

Por último, tenemos que el plan diario es el que menos casos de uso presenta, ya que no hay un gran rango de acciones que se puedan realizar con las circunstancias con las que se da este plan. Estos y otras características esenciales como los usuarios, los implicados o los posibles casos de fallo se pueden encontrar en la tabla *Tabla 14. Plan diario*.

5.5.2 TABLA DESCRIPTIVA

Diseño de un sistema automático de organización de trabajadores de capacidades diversas en puestos de trabajo para un Centro Especial de Empleo (Espurna CEE, SLU)

PLAN DIARIO		
Usuarios	Interesados	Repercusión
<ul style="list-style-type: none"> • Coordinador 	Dirección	Lugar de trabajo de cada empleado para el día de cálculo. Satisfacción exacta de la demanda ese día.
	Coordinador	
	Facilitadores	Lugar de trabajo para el día de cálculo
	Trabajadores	
Casos de Uso		Triggers
Confirmación Diaria		Al comienzo de una jornada laboral
Emergencia		Cambio en cualquiera de los supuestos iniciales
Inputs		Outputs
<ul style="list-style-type: none"> • Cantidad de trabajadores y facilitadores • Trabajadores y facilitadores ausentes en el trabajo en el día de cálculo • Skill de los trabajadores • Ratio de trabajadores/facilitador • Demanda de trabajadores por puesto • Planificación del trabajo para el día actual dado por el plan semanal • Incompatibilidad entre trabajadores y facilitadores 		<ul style="list-style-type: none"> • Lugar de trabajo de cada trabajador el día de cálculo • Lugar de trabajo de cada facilitador el día de cálculo • Exacta satisfacción de la demanda el día de cálculo
Herramientas	Requisitos	
Sistema manual	Pantalla de interacción con el usuario	
Sistema de cálculo automático	Modelo matemático	
	Software de resolución del modelo	
	Sistema de generación de datos	
	Pantalla de interacción con el usuario	
Casos de Fallo		
<ul style="list-style-type: none"> • Mal cálculo de la Skill de los trabajadores (A) • Mala introducción de los datos (B) • Defecto en las herramientas (C) • Otros (D) 		

Tabla 14. Plan diario

5.5.3 CASO 1 – COMPROBACIÓN DIARIA

5.5.3.1 Descripción general y flujo de información

El cometido principal del plan diario es el de comprobante. Este se ejecutará al final de cada día para los dos días siguientes, a fin de comprobar que todo marcha adecuadamente, no ha habido ningún fallo en los planes anteriores o algún cambio del que se tenga conocimiento. Lo habitual y esperable de este plan es que no realice ningún cambio en la anterior planificación.

Diseño de un sistema automático de organización de trabajadores de capacidades diversas en puestos de trabajo para un Centro Especial de Empleo (Espurna CEE, SLU)

Como se ha mencionado anteriormente, los procesos del plan diario son los más escuetos de todos, ya que deben ejecutarse todos los días. De igual forma, los diagramas de sus casos de uso serán los más reducidos, lo que permite una ejecución rápida y sencilla de sus procesos, que es uno de los requisitos fundamentales para un plan de este tipo.

Este caso se disparará todos los días, por lo que su sencillez debe ser máxima. Tal y como se describe en el diagrama *Ilustración 15. Diagrama caso C.1* el coordinador será el primero en realizar acciones referidas a este, comenzando por comprobar que la solución para los días de cálculo (el actual y los dos siguientes) es válida y correcta.

En el caso de que así sea, el proceso terminaría, pero si ha habido algún cambio, error o contratiempo deberá encontrar una nueva solución y convocar una reunión con los empleados. La reunión se convoca para poder comunicar a los empleados personalmente los cambios que se puedan producir, ya que al tratarse de modificaciones tan repentinas (de un día para otro) es necesario asegurar una transmisión de la información lo más segura posible.

Después de la reunión, el coordinador enviará un comunicado a la dirección del centro con los detalles de la incidencia, guardará los nuevos datos de cara al plan siguiente y se quedará esperando nuevas instrucciones desde la dirección.

En el caso de que la dirección determine que los cambios tienen una relevancia lo suficientemente significativa, convocará una reunión para el fin de semana y se procederá con el caso de uso B.3 para cálculos semanales de emergencia. En este caso el coordinador deberá guardar los datos adicionales para poder ejecutar ese caso. Por otra parte, si la dirección del centro estima que no son de suficiente relevancia, el proceso acabará.

Por otra parte, los empleados esperarán que se convoque la reunión para acudir, o recibirán un comunicado en el caso de que no se encontrasen en la fundación cuando se produjera el cambio.

Los clientes, aunque recibirán un comunicado por parte del coordinador en caso de que se produzca un cambio relevante en la cantidad de empleados que esperaban recibir, no se muestran en el esquema por la simplicidad de sus acciones (se limitarán a recibir el mensaje, las consecuencias de este serán al largo plazo y no se verán reflejadas en este diagrama).

Para terminar, hay que decir que cuando se aplica este caso significa que ha ocurrido algún imprevisto de última hora, por lo que junto con la solución el coordinador deberá incluir un parte con la incidencia que lo ha generado. Estos partes servirán para llevar un control de dónde ha estado cada empleado en cada momento (si no hay parte, dónde indica la planificación).

5.5.3.2 Tabla descriptiva

Diseño de un sistema automático de organización de trabajadores de capacidades diversas en puestos de trabajo para un Centro Especial de Empleo (Espurna CEE, SLU)

COMPROBACIÓN DIARIA		C.1
Descripción General		
El coordinador ejecuta la herramienta, comprobando la validez del plan que se había establecido para el día en cuestión. En el caso de que todo sea correcto, lo registra y queda establecido como tal. En caso contrario deberá hacer un comunicado de emergencia a todos los implicados y redirigirlos a sus nuevos destinos.		
Usuarios		
Coordinador	El coordinador deberá ejecutar una comprobación de la solución a nivel diario, y comunicar de los posibles fallos o irregularidades que se den en estas	
Interesados		
Coordinador	Requiere de un comprobante para asegurar que las soluciones son válidas	
Dirección	Requiere conocer si ha habido algún fallo a nivel básico para poder convocar una reunión y aplicar casos de uso del plan semanal (B.3)	
Facilitadores	Puede recibir información de que sus puestos de trabajo y usuarios asignados han recibido una modificación de última hora	
Trabajadores	Puede recibir información de que sus puestos de trabajo asignados los próximos días han recibido una modificación de última hora	
Clientes	Puede recibir un comunicado de que el cumplimiento de la demanda los próximos días puede verse comprometido	
Trigger	Cada día al inicio	
Se ejecutará todos los días para los dos días consiguientes, para así averiguar si la solución de esos días es viable o se ha cometido un error que deba ser corregido inmediatamente		
Flujo de información		
Envía		A
Planificación de los días de cálculo	Plan Diario, Interesados	
Cambios o fallos	Interesados, caso B.3	
Control de los trabajadores para cálculo de Skill	Base de datos	
Recibe		De
Datos sobre cantidad de trabajadores y facilitadores	Base de datos	
Skill de los trabajadores	Base de datos	
Ratio de trabajadores/facilitador y ponderaciones	Usuarios	
Planificación previa	Base de datos (Caso B.1)	
Demanda de trabajadores por puesto los días de cálculo	Base de datos	
Datos relevantes		
Duración de la solución	1 - 3 días	
Margen previo al trigger	1-2 días	
Tiempo para realizar la primera solución	1 día	
Comunicación coordinador – dirección	Oficial	
Aporta solución	En cambios relevantes	
Comunicado coordinador – empleados	Oficial	

Tabla 15. Caso C.1

5.5.3.3 Esquema del flujo de información

Diseño de un sistema automático de organización de trabajadores de capacidades diversas en puestos de trabajo para un Centro Especial de Empleo (Espurna CEE, SLU)

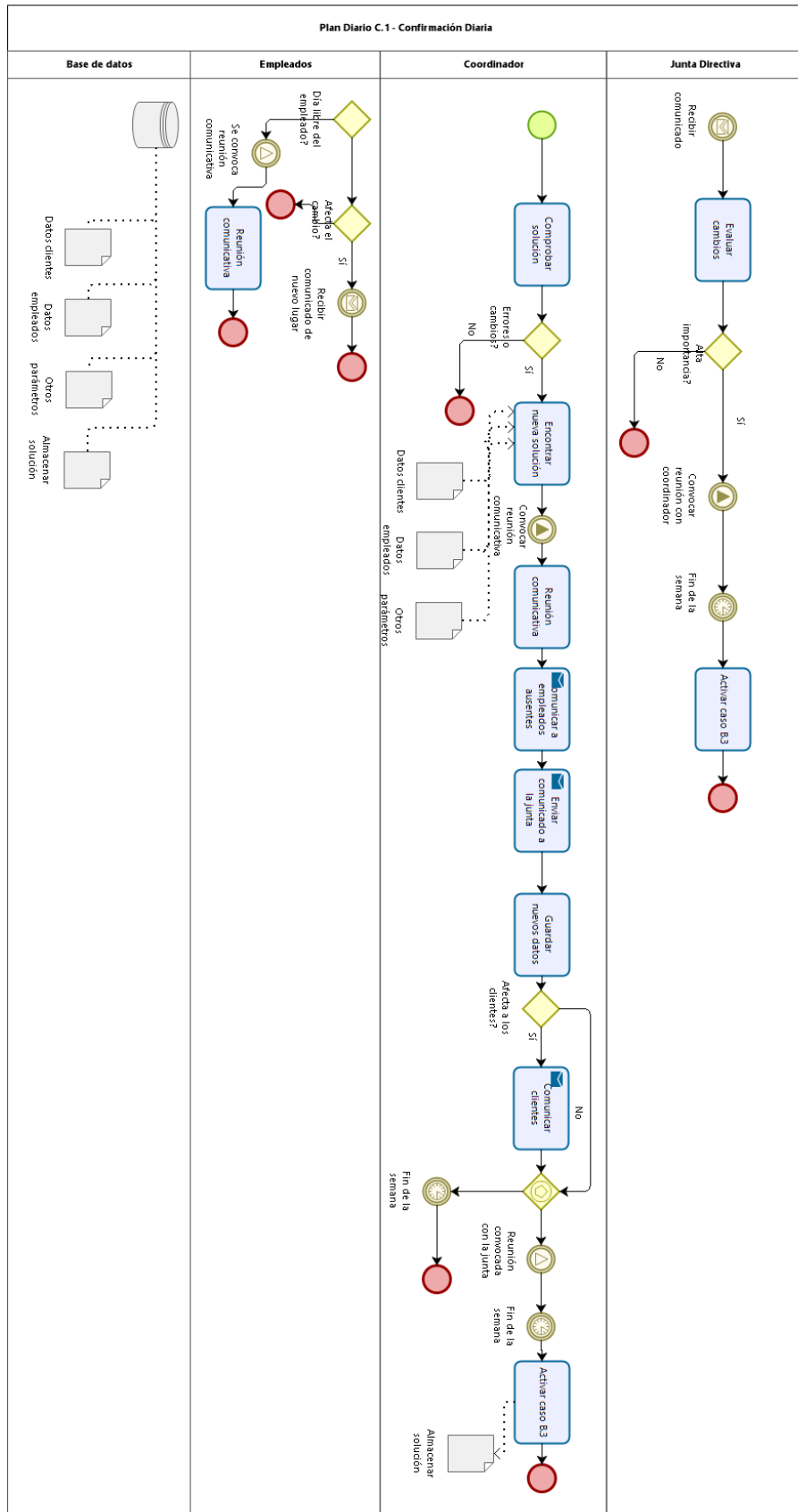


Ilustración 15. Diagrama caso C.1

5.5.3.4 Calendario de uso

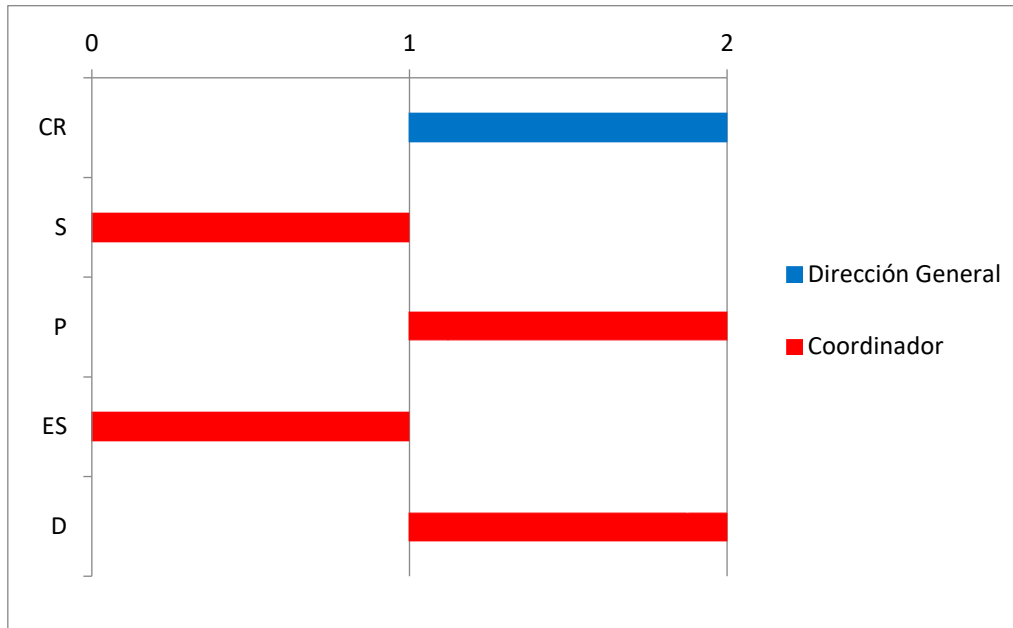


Ilustración 16. Calendario de uso C.1

Leyenda:

- CR: Convocar reunión
- S: Realizar solución
- P: Rellenar el correspondiente parte
- D: Enviar datos a los correspondientes planes
- I: Inicio del día
- F: fin del día

Este caso, como todos los del plan anual, pertenece al sistema de control, y por su escasa duración se ha dividido en inicio y fin del día.

En el caso de que algo falle al inicio del día, el coordinador deberá encontrar una nueva solución inmediatamente y enviarla a los interesados. Al final de ese mismo día, rellenará el correspondiente parte con las incidencias ocurridas y trasladará los nuevos datos a la base de datos para ser empleados por los planes semanales. Por su parte la dirección convocará una reunión para activar el caso de uso B.3.

5.5.4 CASO 2 - EMERGENCIA

5.5.4.1 Descripción general y flujo de información

En el plan diario también nos podemos encontrar con el caso de que entre los periodos de cálculo principales se produzca algún cambio de gravedad que obligue a cambiar de planes. Este caso de uso corresponderá a cuando en un mismo día se produce una inconveniencia como una falta repentina de un empleado al trabajo, para facilitar al coordinador la tarea de reubicar a las personas para el mejor cumplimiento posible de la demanda.

Diseño de un sistema automático de organización de trabajadores de capacidades diversas en puestos de trabajo para un Centro Especial de Empleo (Espurna CEE, SLU)

Este caso de uso se define en el diagrama *Ilustración 17. Diagrama caso C.2*. Esta planificación tiene una particularidad con respecto a las anteriores, y es que se destaca por no comenzar el proceso ni en la dirección ni en el coordinador, sino en los clientes y empleados.

Esto será así ya que este caso se disparará cuando un cliente o un empleado haga un comunicado al coordinador (que es el encargado de este tipo de tareas) de que se va a producir una modificación en aquello que tenían previamente pactado. Esto puede ser que van a requerir más o menos empleados en su lugar de trabajo para el cliente o que no va a poder acudir a trabajar por distintas razones el empleado. Para que se ponga en marcha este plan también se requerirá que este aviso se realice con muy poca antelación, ya que si se dispone de más tiempo se ejecutarían otro tipo de planes de emergencia.

Una vez comenzado el proceso el coordinador deberá recopilar los nuevos datos y encontrar una nueva solución para el mismo día lo antes posible. Luego de esto convocará una reunión y reubicará a los empleados que sean necesarios, comunicará los cambios a la dirección y guardará los nuevos datos.

Después de esto comunicará a los clientes afectados en caso de que sea necesario de los cambios en la disponibilidad de empleados para ellos ese determinado día. Al contrario que en el diagrama anterior, sí que se ha decidido representar en este, ya que se ha considerado más relevante para el proceso, aunque se ha hecho de una forma simplificada.

Al igual que en el caso anterior, la dirección evaluará la relevancia de los cambios, y si es necesaria la aplicación del caso B.3. Si así lo considera, convocará una reunión y se procederá con este; en caso contrario, el proceso terminará.

Los empleados deberán esperar instrucciones del lugar al que deben dirigirse, y cambiar su destino de trabajo si así es requerido. Asimismo, deben responsabilizarse de comunicar cualquier incidencia que les imposibilite acudir al puesto de trabajo.

Al igual que el anterior caso, la solución deberá ir acompañada de un parte, sólo que en este caso también podrá ser rellenado por los facilitadores si se da el caso.

5.5.4.2 Tabla descriptiva

Diseño de un sistema automático de organización de trabajadores de capacidades diversas en puestos de trabajo para un Centro Especial de Empleo (Espurna CEE, SLU)

EMERGENCIA		C.2
Descripción General		
El coordinador, en caso de haber recibido noticias inesperadas que puedan afectar al funcionamiento de la empresa ese día determinado empleará la herramienta para obtener una nueva solución lo más aceptable posible. Una vez con esta reunirá al equipo de trabajo y les dará sus nuevas instrucciones.		
Usuarios		
Coordinador	En caso de que se reciba información de última hora, el coordinador tiene el deber de presentar una solución aceptable que cumpla con la demanda lo mejor posible	
Dirección	-	
Interesados		
Coordinador	Necesita de una planificación válida para un mismo día en caso de emergencia	
Dirección	Requiere conocer si ha habido algún fallo a nivel básico para poder convocar una reunión y aplicar casos de uso del plan semanal (B.3)	
Facilitadores	Puede recibir información de que sus puestos de trabajo y usuarios asignados han recibido una modificación de última hora	
Trabajadores	Puede recibir información de que sus puestos de trabajo asignados durante el propio día han recibido una modificación de última hora	
Clientes	Puede recibir un comunicado de que el cumplimiento de la demanda del día actual puede verse comprometida	
Trigger	En caso de recibir una información relevante de última hora	
Este caso de uso se ejecutará cuando se obtenga una información que altera la planificación el mismo día que esta ha de ser ejecutada (un usuario enferma, un cliente requiere más usuarios de emergencia...)		
Flujo de información		
Envía		A
Planificación de los días de cálculo	Plan Diario, Interesados	
Cambios o fallos	Interesados, caso B.4	
Control de los trabajadores para cálculo de Skill	Base de datos	
Recibe		De
Datos sobre cantidad de trabajadores y facilitadores	Base de datos	
Skill de los trabajadores	Base de datos (cálculo caso C.2)	
Ratio de trabajadores/facilitador y ponderaciones	Usuarios	
Planificación previa	Base de datos (Caso B.1)	
Demanda de trabajadores por puesto los días de cálculo	Base de datos	
Datos relevantes		
Duración de la solución	1 día	
Tiempo para realizar la primera solución	- 1 día	
Comunicación coordinador – dirección	Oficial	
Aporta solución	Siempre	
Comunicado coordinador – empleados	Informal	

Tabla 16. Caso C.2

5.5.4.3 Esquema del flujo de información

Diseño de un sistema automático de organización de trabajadores de capacidades diversas en puestos de trabajo para un Centro Especial de Empleo (Espurna CEE, SLU)

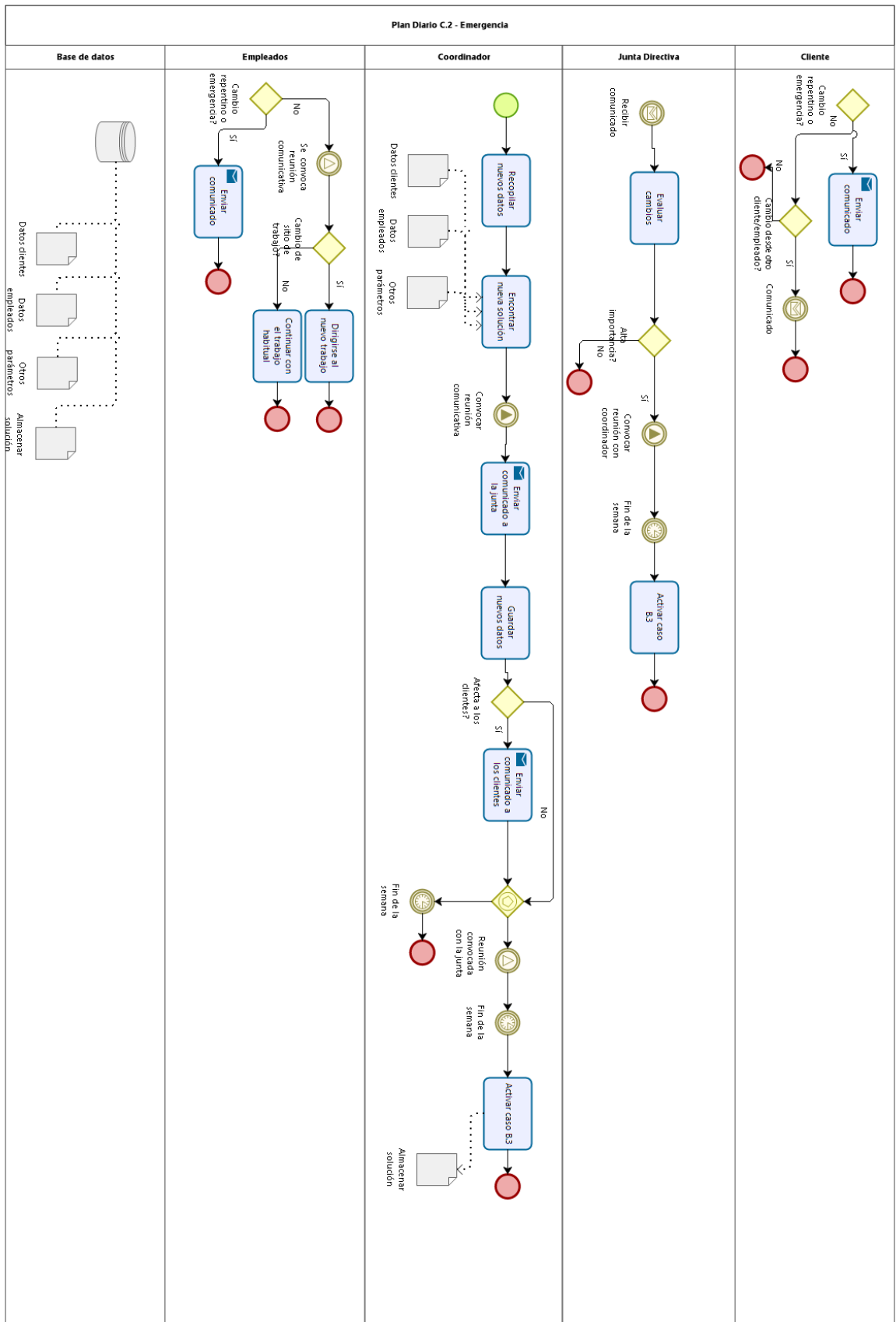


Ilustración 17. Diagrama caso C.2

5.5.4.4 Calendario de uso

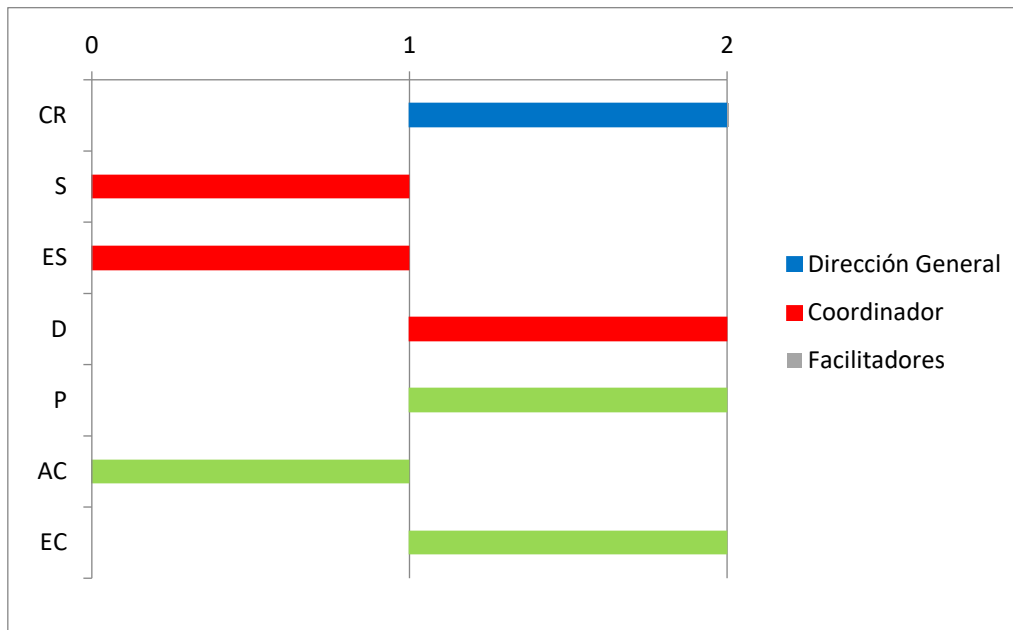


Ilustración 18. Calendario de uso C.2

Leyenda:

- CR: Convocar reunión
- S: Realizar solución
- P: Rellenar el correspondiente parte
- D: Enviar datos a los correspondientes planes
- AC: Avisar al coordinador de fallo
- EC: Enviar parte al coordinador
- I: Inicio del día
- F: fin del día

Este caso es un tanto más peculiar, ya que por cómo está distribuido el centro de empleo, en el caso de que se produzca una situación excepcional un mismo día de trabajo, lo más probable es que el facilitador que tuviera en su equipo al usuario correspondiente a esa emergencia o fuera responsable del cliente de esta sea el que reciba la información primero.

Es por eso por lo que, en cuanto esto suceda, el facilitador deberá avisar al coordinador y este enviará las instrucciones pertinentes a todos los afectados. Además, dicho facilitador será encargado de rellenar el parte que corresponda y enviarlo al coordinador. Esta es una actividad de responsabilidad que se ha decidido dar a los facilitadores para una mejor integración de estos en el proceso y una mayor satisfacción de los empleados.

Por último, el coordinador introducirá los datos que corresponda en la base de datos y la junta directiva convocará la reunión pertinente.

5.6 CONCLUSIÓN

Diseño de un sistema automático de organización de trabajadores de capacidades diversas en puestos de trabajo para un Centro Especial de Empleo (Espurna CEE, SLU)

Existen varios puntos importantes a extraer de este capítulo. El primero de ellos es que, como se adelantaba en la introducción, una herramienta no sirve para nada sin un correcto sistema de planificación que la respalde y permita su uso.

En este caso en concreto, se puede observar además como los planes y casos de uso van bajando de complejidad a medida que se acercan a la concreción del mismo día para el cual han sido planificados. Esto tiene mucho sentido ya que cuanto más alejado del punto de acción, más tiempo se dispone para realizarlo y más aspectos se deben tener en cuenta, lo que resulta en un incremento de la complejidad. Por otra parte, cuanto más cercano a este, más concreción se espera del caso, para poder reaccionar con rapidez.

Otro aspecto importante es la incapacidad de un proceso para contemplar todos los casos y tomar una decisión correcta, menos aún de una herramienta. Por muy bien hecho y detallado que esté un SPCO, siempre habrá casos y situaciones en las que, en esta coyuntura, el coordinador y la dirección, deban tomar una serie de decisiones externas al sistema, aparte de todas las que se les asigna en el SPCO.

Por último, cabe destacar que la naturaleza del sistema es de realizar un exhaustivo control de situaciones excepcionales y emergencias, ya que al ser el servicio que se presta empleados, está sujeto a una gran cantidad de posibles casos de fallo y para la fundación resulta vital el poder prestar un buen servicio seas cuales sean las condiciones, por lo que se ha puesto un énfasis especial en el tratamiento de los riesgos, que se refleja en varios casos de uso destinados a tratar las emergencias.

CAPÍTULO 6. DISEÑO DE MODELOS Y ALGORITMOS

6.1 INTRODUCCIÓN

En este apartado del documento se describirán los algoritmos empleados para resolver el problema, así como la herramienta de software que ha permitido ejecutarlos. Este es uno de los capítulos más extensos del documento, ya que se en él se relata todo el esfuerzo del nivel más técnico del trabajo.

En este capítulo tan sólo se describirán las partes relativas a la herramienta automática, que es la que requiere de modelos, algoritmos y herramientas de software complejas. Las pantallas de la herramienta manual se describirán en apartados posteriores.

Todo este capítulo tiene como objetivo la descripción del funcionamiento de la herramienta de apoyo al SPCO, que será la que finalmente de las soluciones a este de manera automática.

No obstante, no se ha de sobreestimar la capacidad de la herramienta, ya que una herramienta, por buena que sea, no tiene ninguna utilidad ni llega jamás a emplearse correctamente si no la envuelve un buen sistema que define las acciones que debe realizar cada usuario e interesado, así como todos los procesos que se dan durante el uso de esta, por lo que el uso de la herramienta está sujeto a un buen funcionamiento del SPCO.

Como se ha mencionado anteriormente en el documento, para resolver el problema se ha planteado una solución en forma de tres planes que intercambian información entre sí: el plan anual, el plan semanal y el plan diario. Es por esto por lo que la herramienta que se ha generado se divide en esos tres mismos bloques principales, que son en los que se estructurará este capítulo.

En cada uno de estos bloques se detallarán las decisiones que se han tomado para poder diseñarlos, el modelo matemático que se considera que se ajusta lo mejor posible a la realidad para cada plan y finalmente la herramienta a nivel de software.

Antes de esto también se relatarán ciertos aspectos relativos a ciertos procedimientos que se van a seguir de cara a diseñar los algoritmos que se ha considerado relevante destacar.

6.2 PROCEDIMIENTO

Antes de proceder a explicar en detalle cómo se han diseñado y estructurado cada una de las tres herramientas se va a realizar una exposición de la estructura y los métodos que se han empleado

para diseñar y resolver los algoritmos y el software relativo tanto a los tres planes como a la estructura de control e intercambio de datos.

6.2.1 ESTRUCTURA DE DISEÑO

La estructura o patrón de diseño es un apartado fundamental, ya que determina los pasos que se van a seguir para generar las herramientas, y un procedimiento adecuado acaba con frecuencia en unos resultados buenos, mientras que uno defectuoso acaba casi con seguridad en un resultado fallido.

Para cada uno de los tres planes, se determinará en primer lugar cuales son las características que se desea que posea la solución, que, junto a la filosofía del diseño que se emplee en cada caso, darán como resultado una serie de decisiones de diseño, que son las que finalmente guiarán la ejecución y desarrollo de la herramienta.

Una vez se tenga una línea de actuación clara gracias a los patrones definidos, se puede pasar a realizar el modelo matemático que será la traducción del problema real, manteniendo un equilibrio entre fidelidad y simplicidad que vendrá definido por las características concretas de cada uno de los problemas y la guía previamente estipulada.

El modelo matemático es una parte fundamental del diseño, es el que define exactamente sobre qué se va a estar trabajando, cómo se traducen las especificaciones de cada problema en restricciones y cómo se evalúa que una solución es mejor o peor que otra. Además, un mal modelo puede llevar a la imposibilidad de encontrar soluciones, a tiempos de computación demasiado elevados o a soluciones demasiado alejadas de la realidad. Es por ello por lo que es importante poner un esfuerzo especial en que este sea lo más adecuado posible a lo que se busca.

El siguiente paso a la generación del modelo es la creación de un algoritmo que permita encontrar soluciones válidas de este. Para esto se requerirá un software que permita ejecutar también dicho algoritmo.

En este apartado tendremos una amplia gama de posibilidades a elegir, pues dependiendo de las exigencias de cada problema se pueden emplear tanto algoritmos exactos, como heurísticos y metaheurísticos, cada uno con sus correspondientes ventajas e inconvenientes. Además, en el apartado de software también encontraremos diversas opciones a la hora de implementar cada una de las soluciones, por lo que será necesario escoger una que se adapte a las necesidades del trabajo.

Una vez hecho esto, se evaluarán las distintas opciones que se obtengan mediante el estudio estadístico que sea necesario y se presentará la solución final escogida.

Durante todo este apartado se hará referencia a los datos que se obtienen o que se necesitan de la base de datos. Estos datos se darán como constantes en este capítulo y se detallarán más adelante.

6.2.2 MODELO MATEMÁTICO Y ALGORITMOS DE RESOLUCIÓN

Para poder encontrar una solución al problema real que se ha definido en este trabajo es necesario convertirlo en una representación matemática. Esto va a provocar que se pierdan

Diseño de un sistema automático de organización de trabajadores de capacidades diversas en puestos de trabajo para un Centro Especial de Empleo (Espurna CEE, SLU)

innumerables cantidades de matices y características, pero también va a permitir emplear algoritmos para encontrar soluciones al modelo matemático que puedan ser traducidas en medidas reales que mejoren el rendimiento de la Fundación Espurna.

Para el modelo se va a seguir una estructura que se compone de:

- Conjuntos: Colección de elementos iguales o que pertenecen a una misma categoría que va a estructurar la forma de parámetros y variables.
- Parámetros: Las constantes del problema, vienen dados por los datos de este. Dependiendo del parámetro pueden recorrer o no los conjuntos (tener un dato almacenado para cada uno de los elementos del conjunto).
- Variables: Componente sobre el cuál se tiene control, es decir, que la empresa podría variar. Al igual que los parámetros, puede recorrer cualquier número de conjuntos. Toman un valor determinado para cada solución del problema.
- Restricciones: Limitaciones a las cuales están sujetas las variables.
- Función objetivo: Función que opera con las variables para evaluar cómo de buena es una solución.

Se ha adoptado esta estructura ya que se considera que es capaz de representar adecuadamente la realidad enfrentada en este trabajo. Además, es un estándar en la modelación de problemas y resulta muy útil esta forma para poder más adelante implementarla.

Por otra parte, es necesario mencionar que se va a procurar que los modelos sean, siempre que sea posible, lineales (no completamente, ya que deberán poseer variables binarias, pero impidiendo el producto entre variables). Esto se hará de esta manera debido a que los modelos lineales consumen muchos menos recursos computacionales y por tanto son mucho más rápidos de resolver.

Una vez se ha estipulado los criterios de realización del modelo, es momento de establecer las condiciones y herramientas que se van a emplear para resolverlo.

Existe una amplia gama de posibilidades para encontrar soluciones, todas ellas válidas. La primera opción, que se considera más viable, es la de hallar el óptimo absoluto mediante la aplicación del algoritmo Simplex para problemas con variables binarias. Esto es posible gracias a que se ha seguido el criterio de diseño de modelar la realidad de la manera más lineal posible, que aparte de permitir que se emplee el algoritmo Simplex para resolverlo supondrá una importante ayuda en cuanto a tiempos de computación si se decide optar por cualquier otra de las alternativas.

El Simplex tiene una serie de ventajas muy importantes que lo convierten en la primera opción a evaluar:

- Da siempre la solución óptima, por lo que una vez se realice el cálculo se puede estar al 100% seguro de que, para ese modelo, no hay una alternativa mejor.
- Su implementación resulta sencilla ya que hay software y librerías que permiten, mediante una traducción literal del modelo matemático al lenguaje de programación que corresponda, resolver el problema.

- Dependiendo del modelo, especialmente si no hay variables binarias (que no es nuestro caso) o si se tiene una limitada cantidad de datos, puede llegar a encontrar la solución en muy poco tiempo.

No obstante, presenta la importante desventaja de que puede llegar a tener unos tiempos de computación demasiado elevados. Esto no se puede saber con seguridad hasta que no se ejecuta el software que contenga el modelo. Por lo tanto, por esto y por las ventajas enumeradas anteriormente, es la primera opción que se plantea.

En el caso de que haya algún modelo que no permita su computación mediante el método Simplex, o que la ejecución de este sea demasiado lenta, se deberá entonces diseñar un algoritmo heurístico o metaheurístico.

La principal diferencia de estos con el algoritmo Simplex es que no tenemos la seguridad de que nos vayan a dar la solución óptima, pero a cambio se pueden conseguir una complejidad del problema mucho menor, que más adelante se traducirá en tiempos de computación menores.

En este documento, pese a que se contempla la posibilidad de que sean necesarios este tipo de algoritmos, no se va a realizar el diseño de estos, ya que se considera que queda fuera del alcance de un trabajo de este tipo. Esto es así porque, aunque podría resultar de interés el realizarlos, no supone una mejora diferencial en el proyecto, ya que el objetivo de este es presentar un sistema de planificación viable, y, en segunda instancia, un modelo matemático, y los recursos a invertir en la creación de un algoritmo de este tipo impedirían el profundizar en lo anterior.

6.2.3 SOFTWARE EMPLEADO

En cuanto a software, hay muchas opciones que se pueden usar para realizar cualquiera de las funciones que se desean.

En primer lugar, tenemos la resolución de problemas lineales, que es una alternativa que puede darse en múltiples ocasiones. Esta requeriría una aplicación que nos permitiese ejecutar el algoritmo Simplex, necesariamente además con su variante para variables binarias, ya que los modelos sin este tipo de variables normalmente son muy simples y no se espera que se pueda modelar el problema de esa manera. Por ello, tenemos principalmente las siguientes alternativas:

- Emplear la librería GLPK (GNU Linear Programming Kit) a través de un IDE (Integrated Development Environment) que lo permita (como puede ser GUSEK, LPSolve IDE y muchos otros) o como una librería del lenguaje de programación C.
- Utilizar un lenguaje de programación con otra librería integrada que permita la resolución de problemas lineales.
- Realizar una programación manual del algoritmo Simplex en algún lenguaje de programación y usar una versión propia.

La última opción se descarta en seguida ya que el coste de recursos como tiempo y energía sería muy elevado y el resultado incierto, ya que no tendría el bagaje y la cantidad de pruebas que se

han realizado sobre otras librerías. Además, el objetivo del trabajo no es la creación de software sino la resolución de un problema real, por lo que esta opción se puede desechar.

Las otras dos opciones por otra parte requieren un análisis más minucioso para poder ser dadas por válidas o no.

En primer lugar, tenemos la librería GLPK, que permite ejecutar el algoritmo simplex y el algoritmo de ramificación y acotación junto con los cortes enteros mixtos de Gomory, que permite la resolución de problemas de programación lineal con variables binarias, que es uno de los requisitos. Se modela en el lenguaje de programación GNU MathProg y se puede programar a través de un IDE que hace el modelado más cómodo.

Por otra parte, tenemos la opción de utilizar otro lenguaje de programación con una librería dedicada a la resolución de este tipo de problemas. El principal que tendríamos en este apartado es Python, que posee una amplia gama de librerías que permiten realizar lo que se desea, incluido el tratamiento de problemas con variables binarias. En este caso se escogerá para comparar la librería pulp, que es una de las más usadas y potentes, y permite realizar todo lo que se necesita.

A nivel de rendimiento y tiempos de computación ambas opciones se comportan de manera parecida, pero se ha escogido esta última por diversos motivos: el lenguaje es uno de los más usados del mundo y por tanto la documentación es muy extensa, por motivos similares posee IDEs mucho más potentes y cómodos que los que habitualmente se usan para utilizar la librería GLPK, es un lenguaje muy cómodo e intuitivo para la programación de tareas matemáticas (por eso es uno de los líderes en este sector), permite emplear otros motores de cálculo que no son el GLPK, y, tras diversos testeos se puede apreciar que su rendimiento es incluso mayor que el de GLPK para problemas del tipo que se dan en este trabajo y resulta más cómodo el tener implementado el algoritmo en un lenguaje de propósito general, ya que más adelante va a ser necesario el realizar un tratamiento de los datos, que resultará mucho más sencillo si se mantiene una coherencia de herramientas.

6.3 PLAN ANUAL

6.3.1 DECISIONES DE DISEÑO

Existen infinidad de distintos modelos matemáticos que se pueden emplear para describir este problema, por ello, antes de realizar dicho modelo es necesario tomar una serie de decisiones de diseño que definirán cómo se comporta nuestro modelo y cómo va a poder ser resuelto.

Ya que resulta imposible realizar un modelo que se ajuste perfectamente a la realidad, pues esta es infinitamente compleja, y teniendo en cuenta que a mayor complejidad del modelo mayor coste computacional, se debe en primer lugar definir a qué lado de la balanza se va a inclinar el modelo que se diseñe, tanto en esta característica (que se ha empleado como ejemplo) como en muchas otras. Las líneas generales que definen la filosofía de modelación son las siguientes:

- Se va a permitir una complejidad del modelo razonable, que permita la generación de herramientas capaces de resolver el problema en, como máximo, 15 minutos. Esto es así debido a que el plan anual no se va a ejecutar con asiduidad; el sistema global se ha

estructurado de forma que dicho plan se ejecute a lo sumo una vez por semana, para recalcularlo con los nuevos datos, por lo que una pesadez de este modelo no es un inconveniente mayoritario.

- Se procurará que el modelo requiera de la menor cantidad posible de datos externos. No hay que olvidar que la construcción del modelo es un paso previo que permite más adelante implementar una herramienta que finalmente va a ser consumida por el usuario, en nuestro caso el coordinador de las actividades en la Fundación Espurna. Es por eso por lo que no se debe imponer una carga de trabajo extraordinaria en la recopilación de datos para poder emplear la herramienta, ya que esto en muchas ocasiones puede acabar con el mal uso de esta o incluso que se deje de emplear.
- Se procurará que el modelo sea lo más lineal posible, a fin de reducir al máximo la complejidad computacional, aunque esto suponga un aumento de la dificultad conceptual. Además, se intentará que posea el menor número posible de restricciones “duras”, es decir, que no se tenga más remedio que satisfacerlas, tratando de tener en su lugar restricciones “blandas”, que doten de flexibilidad al modelo.

Estas filosofías se traducen en las siguientes decisiones concretas que se han tomado y que serán las que finalmente den forma al modelo:

- La unidad de medida del tiempo serán semanas, por lo que el año se dividirá en 52 unidades de tiempo. Esto supone una pérdida de precisión importante, y un aumento de la inexactitud, tanto en asuntos como los días festivos y las vacaciones, cómo en el cálculo real de horas de cada trabajador o de la demanda real de los distintos puestos de trabajo. No obstante, se considera una simplificación necesaria, ya que la complejidad y el tiempo de cálculo en el caso de emplearse una unidad de tiempo menor, como podría ser los días, se dispararía. Se planea paliar los inconvenientes de esta decisión a través de los consiguientes planes y de un buen sistema de transferencia de datos.
- La bonanza de la solución vendrá dada por la maximización de la suma ponderada de una serie de criterios que, se extraerán en ciertos casos de restricciones “blandas” del modelo, cómo puede ser la importancia del respeto a las vacaciones (explicado más adelante) y en otros de las aspiraciones que se tienen de la solución.
- El modelo estará centrado en los empleados, tanto en los trabajadores como en los facilitadores, por lo que las variables quedarán definidas principalmente en función de estos dos grupos, siendo las centrales del modelo aquellas que definen en qué semana y en qué trabajo está cada empleado.
- Se considerarán de manera distinta los trabajadores y los facilitadores, para ganar flexibilidad en las condiciones y restricciones a imponer a ambos.
- Los distintos puestos de trabajo requerirán una demanda neta de trabajadores, que se calculará mediante datos previos del tipo de trabajo, cantidad de empleados y número de horas gastadas en los mismos. Esta demanda variará según la semana en la que nos encontremos.
- Asimismo, los puestos de trabajo tienen una demanda de facilitadores, pero que en este caso no será absoluta, si no que vendrá dada en función de la cantidad de trabajadores que se asignen a cada puesto.
- No se hace distinción entre los trabajadores según el número de horas que dure su jornada, ya que esto aumentaría drásticamente la complejidad del modelo. Esta se tendrá en cuenta

en un parámetro que además también contemplará la habilidad de cada trabajador en un determinado puesto de trabajo, de forma que la aportación neta de un trabajador a un puesto determinado venga dada por dicho parámetro.

- La importancia de que los trabajadores varíen de puesto de trabajo vendrá medida por una variable rotación, que será uno de los objetivos a maximizar, ya que es un objetivo muy deseable, pero prescindible.
- Por el contrario, se intentará que los facilitadores cambien de puesto lo menos posible, por lo que su rotación se considerará un objeto a minimizar.
- Cada trabajador debe de tomar todas las vacaciones que tiene disponibles. Además, se debe garantizar que al menos dos de sus semanas de descanso son consecutivas. No se tendrán en cuenta los festivos para la generación del modelo, pero sí que se tomarán como datos que servirán más adelante.
- Otro criterio por minimizar (como se ha mencionado previamente) que se tomará será la desviación de las vacaciones con respecto a las deseadas por cada uno de los empleados, de forma que se tenderá a respetar las decisiones de los trabajadores y facilitadores para con sus vacaciones, pero si la demanda lo requiere se podrán variar.
- Se asume que se dispone de suficiente capacidad para lidiar con la demanda. En caso de no ser así no tendría demasiado sentido el operar con el modelo porque lo primordial será conseguir más recursos. Esto además provoca que la demanda no sea un criterio por minimizar sino una restricción del modelo, ya que se asume inadmisibile una falta de atención de esta.

6.3.2 MODELO MATEMÁTICO

Una vez establecidas las restricciones de diseño, se puede proceder a la generación del correspondiente modelo matemático, que se definiría de la siguiente manera, mediante sus correspondientes índices, conjuntos de datos, parámetros, variables, restricciones y función objetivo:

6.3.2.1 Índices y conjuntos de datos

Expresión	Definición	Referencia
$W = [1, NW]$	Conjunto de trabajadores. Van desde 1 al número de trabajadores (NW)	Ecuación 1
$F = [1, NF]$	Conjunto de facilitadores. Van desde el 1 al número de facilitadores (NF)	Ecuación 2
$J = [1, NJ]$	Conjunto de lugares de trabajo. Van desde el 1 al número de lugares de trabajo (NJ)	Ecuación 3
$WS = [1, NWS]$	Conjunto de semanas. Van desde el 1 hasta el número de semanas (NWS)	Ecuación 4

Tabla 17. Índices y conjuntos plan anual

6.3.2.2 Parámetros necesarios

Expresión	Definición	Referencia
$S_{ij} \quad \forall i \in W, j \in J$	Habilidad ponderada de un trabajador i en un lugar j	Ecuación 5
$WD_{jk} \quad \forall j \in J, k \in WS$	Demanda de trabajadores del lugar de trabajo j en la semana k	Ecuación 6
$FR_j \quad \forall j \in J$	Ratio necesaria de facilitadores por trabajador invertido en el lugar de trabajo j	Ecuación 7

Diseño de un sistema automático de organización de trabajadores de capacidades diversas en puestos de trabajo para un Centro Especial de Empleo (Espurna CEE, SLU)

VW	Número de semanas de vacaciones	Ecuación 8
CVW	Número mínimo de semanas de vacaciones que deben ir seguidas	Ecuación 9
$PWV_{ik} \forall i \in W, k \in WS$	Semanas de vacaciones k preferidas por el trabajador i	Ecuación 10
$PFV_{ik} \forall i \in F, k \in WS$	Semanas de vacaciones k preferidas por el facilitador i	Ecuación 2
pw	Ponderación de la rotación de los trabajadores	Ecuación 3
pf	Ponderación de la rotación de los facilitadores	Ecuación 4
pwv	Ponderación del respeto a las vacaciones preferidas por los trabajadores	Ecuación 5
pwf	Ponderación del respeto a las vacaciones preferidas por los facilitadores	Ecuación 6

Tabla 18. Parámetros plan anual

6.3.2.3 Variables asociadas al modelo

Expresión	Definición	Referencia
$w_{ijk} \forall i \in W, j \in J, k \in WS$	Binaria. Lugar de trabajo j del trabajador i en la semana k (1 si está en ese trabajo esa semana, 0 lo opuesto)	Ecuación 7
$f_{ijk} \forall i \in F, j \in J, k \in WS$	Binaria. Lugar de trabajo j del facilitador i en la semana k (1 si está en ese trabajo esa semana, 0 lo opuesto)	Ecuación 8
$wv_{ik} \forall i \in W, k \in WS$	Binaria. Vacaciones del trabajador i en la semana k (1 si tiene vacaciones esa semana, 0 lo opuesto)	Ecuación 9
$fv_{ik} \forall i \in F, k \in WS$	Binaria. Vacaciones del facilitador i en la semana k (1 si tiene vacaciones esa semana, 0 lo opuesto)	Ecuación 10
$cwv_{ik} \forall i \in W, k \in WS$	Binaria. Las vacaciones del trabajador i en la semana k y en la semana $k + 1$ son consecutivas (1 si son consecutivas, 0 lo opuesto)	Ecuación 11
$cfv_{ik} \forall i \in F, k \in WS$	Binaria. Las vacaciones del facilitador i en la semana k y en la semana $k + 1$ son consecutivas (1 si son consecutivas, 0 lo opuesto)	Ecuación 12
$wr_{ik} \forall i \in W, k \in WS$	Binaria. El trabajador i ha trabajado la semana k en un trabajo y la semana $k + 1$ en un trabajo distinto (1 si se cumple lo anterior, 0 si no)	Ecuación 13
$fr_{ik} \forall i \in F, k \in WS$	Binaria. El facilitador i ha trabajado la semana k en un trabajo y la semana $k + 1$ en ese mismo trabajo (1 si no se cumple lo anterior, 0 si se cumple)	Ecuación 14

Tabla 19. Variables plan anual

6.3.2.4 Función objetivo

$$[MAX] pw \cdot \sum_{i \in W} \sum_{k \in WS} wr_{ik} + pf \cdot \sum_{i \in F} \sum_{k \in WS} fr_{ik} + p w v \cdot \sum_{i \in W} \sum_{k \in WS} wv_{ik} * PMV_{ik} + p f v \cdot \sum_{i \in F} \sum_{k \in WS} fv_{ik} PFV_{ik}$$

Ecuación 15

6.3.2.5 Restricciones

Restricción	Referencia
$\sum_{j \in J} w_{ijk} + wv_{ik} = 1 \quad \forall i \in W, k \in WS$	Ecuación 16
$\sum_{j \in J} f_{ijk} + fv_{ik} = 1 \quad \forall i \in F, k \in WS$	Ecuación 17
$\sum_{i \in W} w_{ijk} \cdot S_{ij} \geq WD_{jk} \quad \forall j \in J, k \in WS$	Ecuación 18
$\sum_{i \in F} f_{ijk} \cdot FR_j \geq \sum_{i \in W} w_{ijk} \quad \forall j \in J, k \in WS$	Ecuación 19
$\sum_{k \in WS} wv_{ik} = VW \quad \forall i \in W$	Ecuación 20
$\sum_{k \in WS} fv_{ik} = VW \quad \forall i \in F$	Ecuación 21
$wv_{ik+1} + wv_{ik} \geq cwv_{ik} \cdot 2 \quad \forall i \in W, k \in [WS - 1]$	Ecuación 22
$\sum_{k \in [WS-1]} cwv_{ik} \geq CVW \quad \forall i \in W$	Ecuación 23
$cwv_{ik} = 0 \quad \forall i \in W, k = NWS$	Ecuación 24
$fv_{ik} + 1 + fv_{ik} \geq fv_{ik} \cdot 2 \quad \forall i \in F, k \in [WS - 1]$	Ecuación 25
$\sum_{k \in [WS-1]} cfv_{ik} \geq CVW \quad \forall i \in F$	Ecuación 26
$cfv_{ik} = 0 \quad \forall i \in F, k = NWS$	Ecuación 27
$w_{ijk} + 1 + \sum_{j_2 \in J} w_{ij_2k} \geq wr_{ik} \cdot 2 \quad \forall i \in F$	Ecuación 28
$f_{ijk+1} + f_{ijk} \geq 2 - fr_{ik} \cdot 2 \quad \forall i \in F, j \in J, k \in [WS - 1]$	Ecuación 29

Tabla 20. Restricciones plan anual

6.3.2.6 Descripción del modelo

El modelo matemático está basado en dos variables principales, la de los trabajadores “w” y la de los facilitadores “f”. Estas variables Ecuación 7 y Ecuación 8 son del tipo binario, recorren los conjuntos de lugares de trabajo, semanas y trabajadores o facilitadores; tomando el valor 1 en el caso de que un empleado esté en ese lugar de trabajo determinado una semana concreta.

Como se puede observar, las variables se han separado para trabajadores y facilitadores. Este es un patrón de diseño que se va a ver repetido en el modelo en múltiples ocasiones, ya que son los

dos tipos de entes principales del modelo, y aunque la mayoría de sus características y restricciones transcurren de manera paralela (al ser ambos empleados, al fin y al cabo), poseen diferencias fundamentales que han inclinado la balanza hacia el hecho de separarlos en dos grupos distintos.

A parte de estas tenemos variables correspondientes a las vacaciones de cada empleado *Ecuación 9* y *Ecuación 10*, también separadas en facilitadores y trabajadores, que determinan, recorriendo los conjuntos de empleados y el de semanas, si una determinada semana un empleado tiene vacaciones. Es también binaria y tomará valores positivos cuando las vacaciones se estén tomando y negativos en semanas normales.

En relación con la anterior variable también se tienen dos variables auxiliares *Ecuación 11* y *Ecuación 12* que servirán para asegurar que las vacaciones de tanto facilitadores como empleados sean consecutivas, respetando el mínimo establecido en el correspondiente parámetro ***¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.*** de tal modo que si este vale 1, deban haber al menos 2 semanas de vacaciones consecutivas, si este vale 2, al menos 3 semanas consecutivas (en forma de 2-2 semanas o 3-1 semanas indistintamente, en el caso de poseer 4 semanas de vacaciones) y así sucesivamente.

Por último, tenemos las variables que nos permiten evaluar la bonanza de la solución, que son las de la rotación de empleados *Ecuación 13* y *Ecuación 14*. En este caso la rotación toma valores un poco distintos para trabajadores y facilitadores: valdrá 1 para trabajadores si han trabajado un día y al día siguiente trabajan, pero en otro lugar; por otra parte, valdrá 0 para facilitadores si han trabajado un día en un lugar de trabajo y al día siguiente en el mismo, y 1 si no se cumple lo anterior. Esta diferencia se debe a que la rotación de los facilitadores es negativa, mientras que la de los trabajadores es positiva, y estructurar las variables de esa manera permite ejecutar las restricciones que garanticen lo anterior de manera más sencilla.

Pasando ahora a hablar de las restricciones del modelo, se han generado las necesarias para que las variables se comporten como se ha descrito anteriormente, además de asegurarse de que se cumplen todas las exigencias de la fundación.

Así, la restricción *Ecuación 16* define que un trabajador tan sólo puede (y debe) estar en un lugar de trabajo, para cada semana. La restricción *Ecuación 17* hace lo propio con facilitadores. Por otra parte, esta restricción cumple la función también de obligar a que las variables *Ecuación 7* y *Ecuación 8* valgan 0 para una determinada semana en el caso de que esa semana sean vacaciones de ese empleado.

A fin de asegurar que la demanda neta de trabajadores de cada lugar de trabajo se cumple, se ha establecido la restricción *Ecuación 18*. Esta emplea el parámetro correspondiente ***¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.*** a la demanda y el de la habilidad ponderada ***¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.***. Este último es el que permite tener en cuenta la destreza de cada trabajador en un puesto de trabajo determinado, así como las horas que haga en el mismo, de modo que la satisfacción de la demanda es real.

Por otro lado, se debe asegurar también que en cada puesto de trabajo se cuenta con la ratio trabajadores/facilitador adecuado, por lo que también se genera una restricción para esto *Ecuación 18* con su correspondiente parámetro de ratio ***¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.***

Para asegurar el correcto funcionamiento del sistema de vacaciones se han empleado 8 restricciones distintas: *Ecuación 19*, *Ecuación 20*, *Ecuación 21*, *Ecuación 22*, *Ecuación 23*, *Ecuación 24*, *Ecuación 25* y *Ecuación 26*. En este caso funcionan de manera idéntica para trabajadores y facilitadores, por lo que se describirán conjuntamente. Las dos primeras son las más sencillas, y determinan que cada empleado debe tener un número de semanas de vacaciones igual al estipulado. A estas le siguen una estructura de tres restricciones (seis si contamos facilitadores y trabajadores) que se encarga de asegurar la continuidad de las vacaciones, tal y cómo se ha descrito anteriormente. Esto se consigue provocando que la variable de semanas consecutivas *Ecuación 11* sólo pueda valer 1 cuando una semana y la siguiente ambas sean de vacaciones para un trabajador (o facilitador) determinado; es por esto por lo que también es necesaria una restricción que asegure que la variable de continuidad para la última semana valga 0 (al ser la última es imposible que esta y la siguiente sean consecutivas). Para completar la estructura, se fuerza tanto para trabajadores como para facilitadores el que haya un mínimo de semanas consecutivas.

Por último, queda la restricción correspondiente a la rotación, tanto de facilitadores como de trabajadores. Existe una única restricción por grupo en este caso porque tan sólo se debe conseguir el que se cumpla la definición de su correspondiente variable *Ecuación 13*. Esto se consigue evaluando si la suma de la variable de trabajo de un determinado puesto de trabajo y un trabajador para la semana siguiente a la evaluada más el sumatorio de todos los demás trabajos para la semana evaluada es igual a dos, lo que significará que ha cambiado de puesto de una a la otra.

Por otra parte, para los facilitadores se evalúa comprobando que la suma de la variable de trabajo para un determinado facilitador y puesto es igual a 2, momento en el cual permitirá que la rotación de ese facilitador en esa determinada semana valga 1.

Una vez se tiene un modelo consistente en el que todas las variables se comportan tal y cómo se espera de ellas se puede proceder a la evaluación de la bonanza de la solución. En este caso viene dada por la expresión *Ecuación 15* y será una función que querremos maximizar.

Consiste en la suma ponderada de los siguientes ítems:

- Rotación de los trabajadores, considerada positivamente.
- Rotación de los facilitadores, considerada negativamente.
- Respeto a las vacaciones de los trabajadores. Esto consiste a que los valores que tomen las variables de vacaciones de los trabajadores coincidan con las semanas que estos previamente habrían escogido. Se considera positivamente.
- Respeto a las vacaciones de los facilitadores. Análogamente a la de los trabajadores, se considera positivamente.

Para todos estos ítems se calcula el total para cada empleado y semana y luego se le aplica un coeficiente de ponderación. Los coeficientes de ponderación vienen dados en las expresiones *Ecuación*

3, Ecuación 4, Ecuación 5 y Ecuación 6 y su valor concreto deberá determinarlo el usuario, basándose en la importancia que se le quiera dar a cada uno de los componentes de la solución.

De esta forma queda absolutamente definido el modelo matemático que se va a emplear para tratar de resolver el problema en concreto. Se ha realizado tratando de seguir lo máximo posible los patrones de diseño definidos, a falta de comprobar cómo se comporta a la hora de realizar una resolución real del mismo con datos proporcionados por la Fundación Espurna.

6.3.3 HERRAMIENTAS DE RESOLUCIÓN DEL MODELO

Como se ha detallado previamente, el modelo se resolverá implementando el algoritmo Simplex mediante la librería pulp de Python. Una vez realizado esto la implantación quedaría de la siguiente manera:

Diseño de un sistema automático de organización de trabajadores de capacidades diversas en puestos de trabajo para un Centro Especial de Empleo (Espurna CEE, SLU)

```
prob = LpProblem("Annual plan", LpMaximize)

worker = LpVariable.dicts("Worker", (WORKERS, JOBS, WEEKS), lowBound=0, upBound=1, cat=LpInteger)
facilitator = LpVariable.dicts("Facilitator", (FACILITATORS, JOBS, WEEKS), lowBound=0, upBound=1,
cat=LpInteger)
worker_vacation = LpVariable.dicts("Worker vacation", (WORKERS, WEEKS), lowBound=0, upBound=1, cat=LpInteger)
facilitator_vacation = LpVariable.dicts("Facilitator vacation", (FACILITATORS, WEEKS), lowBound=0, upBound=1,
cat=LpInteger)
consecutive_worker_vacation = LpVariable.dicts("Consecutive worker vacations", (WORKERS, WEEKS), lowBound=0,
upBound=1,
cat=LpInteger)
consecutive_facilitator_vacation = LpVariable.dicts("Consecutive facilitator vacations", (FACILITATORS,
WEEKS),
lowBound=0, upBound=1, cat=LpInteger)
worker_rotation = LpVariable.dicts("Worker rotation", (WORKERS, WEEKS), lowBound=0, upBound=1, cat=LpInteger)
facilitator_rotation = LpVariable.dicts("Facilitator rotation", (FACILITATORS, WEEKS), lowBound=0, upBound=1,
cat=LpInteger)

prob += sum(worker_rotation[i][k] for i in WORKERS for k in WEEKS) - PONDER_FACILITATOR_ROTATION * sum(
facilitator_rotation[i][k] for i in FACILITATORS for k in WEEKS) + PONDER_PREFERRED_WORKER_VACATION *
sum(
worker_vacation[i][k] * PREFERRED_WORKER_VACATION[i][k] for i in WORKERS for k in
WEEKS) + PONDER_PREFERRED_FACILITATOR_VACATION * sum(
facilitator_vacation[i][k] * PREFERRED_FACILITATOR_VACATION[i][k] for i in FACILITATORS for k in
WEEKS), "Rotation; to be maximized"

for i in WORKERS:
prob += sum(worker_vacation[i][k] for k in WEEKS) == WORKER_VACATION_WEEKS
prob += consecutive_worker_vacation[i][N_WEEKS - 1] == 0
prob += sum(consecutive_worker_vacation[i][k] for k in WEEKS) >= MIN_CONSECUTIVE_WORKER_VACATION
prob += worker_rotation[i][N_WEEKS - 1] == 0

for k in WEEKS:
prob += sum(worker[i][j][k] for j in JOBS) + worker_vacation[i][k] == 1

for k in WEEKS[:-1]:
prob += worker_vacation[i][k + 1] + worker_vacation[i][k] >= consecutive_worker_vacation[i][k] * 2

for j in JOBS:
prob += worker[i][j][k + 1] + sum(worker[i][j_aux][k] if j != j_aux else 0 for j_aux in JOBS) >=
\
worker_rotation[i][k] * 2

for i in FACILITATORS:
prob += sum(facilitator_vacation[i][k] for k in WEEKS) == FACILITATOR_VACATION_WEEKS
prob += consecutive_facilitator_vacation[i][N_WEEKS - 1] == 0
prob += sum(consecutive_facilitator_vacation[i][k] for k in WEEKS) >=
MIN_CONSECUTIVE_FACILITATOR_VACATION
prob += facilitator_rotation[i][N_WEEKS - 1] == 0

for k in WEEKS:
prob += sum(facilitator[i][j][k] for j in JOBS) + facilitator_vacation[i][k] == 1

for k in WEEKS[:-1]:
prob += facilitator_vacation[i][k + 1] + facilitator_vacation[i][k] >=
consecutive_facilitator_vacation[i][
k] * 2

for j in JOBS:
prob += facilitator[i][j][k + 1] + facilitator[i][j][k] >= 2 - facilitator_rotation[i][k] * 2

for (j, k) in itertools.product(JOBS, WEEKS):
prob += sum(worker[i][j][k] * SKILL[i][j] for i in WORKERS) >= NEAT_WORKER_DEMAND[j][k]
prob += sum(facilitator[i][j][k] * FACILITATOR_RATE[j] for i in FACILITATORS) >= sum(
worker[i][j][k] for i in WORKERS)

prob.writeLP("AnnualPlan.lp")

prob.solve()
```

Ilustración 19. Código plan anual

6.3.4 RESULTADOS

Para los resultados se va a probar el modelo con tipos distintos de datos, que son distintas simplificaciones del volumen total de datos, que serían 80 peones, 20 facilitadores y 12 puestos, para ver dónde satura.

No se mostrarán datos concretos de tiempo porque se están empleando muestras de datos que varían aleatoriamente y la solución cambia mucho de unas pruebas a otras, se muestra el gráfico para dar una idea de la capacidad hasta saturación del algoritmo.

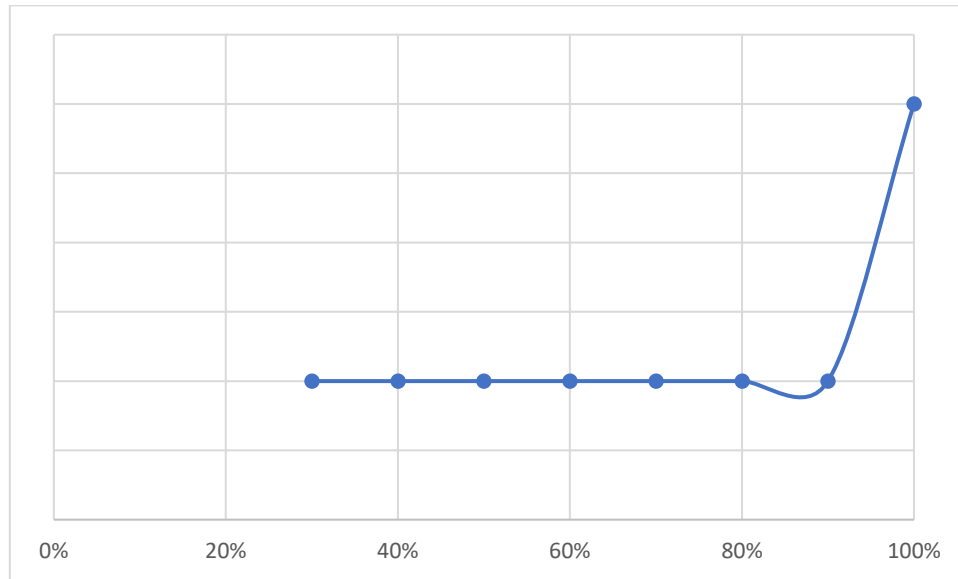


Ilustración 20. Gráfico de resultados plan anual

Como se puede ver comienza a saturar en torno al 80% de la carga total, pero aunque no se aprecia en el gráfico, en torno al 60% aumenta lo suficiente como para dejar de ser útil.

6.4 PLAN SEMANAL

6.4.1 DECISIONES DE DISEÑO

Al igual que en el anterior plan, resulta fundamental el tener una guía que permita tomar decisiones respecto al diseño del modelo y la herramienta de manera coherente y enfocadas a resolver los problemas reales de la compañía.

En cuanto al modelo matemático, la filosofía que se ha establecido es similar a la del anterior plan, pero con ciertos matices que cobran importancia en determinadas situaciones y desvían el foco de diseño:

- En primer lugar, al igual que el plan anual, se procura que el modelo se ajuste de manera lineal a la realidad. La diferencia principal es que en este caso todas las restricciones que hacen referencia a exigencias reales (es decir, todas menos las necesarias para que el modelo se comporte de forma lógica) serán “blandas”. Esto es porque el plan semanal está basado en el anual y se desea que el objetivo del modelo sea cambiar lo menos posible las decisiones tomadas por el anterior.

Diseño de un sistema automático de organización de trabajadores de capacidades diversas en puestos de trabajo para un Centro Especial de Empleo (Espurna CEE, SLU)

- No debería tener que recibir ningún dato externo para funcionar, de esta forma la ejecución resulta inmediata cada vez que se desee. Tan sólo admitirá datos cuando se haya producido un cambio relevante en la planificación, como un incremento repentino de la demanda o una ausencia inesperada de algún trabajador.
- La complejidad del modelo debe de ser elevada, ya que este proporcionará un plan detallado de cómo se va a comportar la fundación durante la semana venidera, por lo que se debe aspirar a la máxima exactitud posible, contemplando todas las opciones y liberando de carga al coordinador. La prioridad más importante es dotar a la empresa de una herramienta útil, por lo que será vital el ajustarse lo máximo posible a todas las posibilidades de las que dispone la Fundación Espurna.
- Asimismo, ya que es un plan que se va a ejecutar con mucha frecuencia (diariamente) es necesario que el tiempo de cálculo sea reducido, para poder ejecutar pruebas, diagnósticos y explorar distintas posibilidades. Es por eso por lo que se va a limitar a alrededor de 1 minuto. Esto se contradice en cierta medida con la anterior filosofía, lo que provoca que este modelo sea uno de los puntos más clave de todo el proyecto, y ha de ser generado manteniendo un complicado equilibrio.

Estas directrices se traducirán en las siguientes resoluciones, que a su vez guiarán el posterior desarrollo del modelo:

- La unidad de medida del tiempo serán días, que es la necesaria para tener el nivel de precisión deseado. De esta manera se puede planificar con precisión la actividad de la empresa. Además, al estar calculando tan sólo entre las próximas 1 o 2 semanas, tan sólo habrá entre 7 y 14 días, que es una cantidad razonable para mantener la complejidad del problema bajo control.
- El modelo sigue la línea del anterior en tanto y cuanto los ejes centrales del mismo siguen siendo los trabajadores y los facilitadores.
- El modelo deberá estar centrado en aportar la jornada semanal de cada trabajador y facilitador, detallando que días debe ir a cada trabajo.
- La solución será evaluada con respecto al plan que se obtenga del modelo anual: cuanto más parecida sea la solución que se obtenga a la que venía dada, mejor será. En el caso de que tenga que hacer algunos cambios, dependiendo de cuál sea este, se ponderará de una u otra manera.
- Se continúa asumiendo que existe una capacidad suficiente para atender a la demanda, ya que se puede disponer de todos o casi todos los empleados al igual que en el plan anual. Además, continuando con la anterior lógica, en el caso de falta de capacidad neta, el problema que se plantea no sería de organización sino de recursos y por muy bueno que fuera el plan no se podría hacer nada.
- Las vacaciones podrán ser negadas a los trabajadores y facilitadores, ya que se considera que si el plan se ejecuta con suficiente antelación hay un tiempo de cortesía suficiente. No obstante, este cambio será severamente penalizado en la solución.
- En el caso de que alguno de los empleados se vea forzado a renunciar a sus vacaciones, es necesario que renuncie a todas las vacaciones que había cogido hasta el siguiente día festivo. Esto se hace para evitar que el plan fuerce a alguien a interrumpir sus días libres durante un día en mitad de una semana libre. Si esto de alguna manera interfiriera con los planes de algún empleado el modelo no lo tendrá en cuenta, dejándolo en manos de la gestión humana.

Diseño de un sistema automático de organización de trabajadores de capacidades diversas en puestos de trabajo para un Centro Especial de Empleo (Espurna CEE, SLU)

- A cada empleado se le garantizan dos días libres a la semana, que deberán además ser seguidos y no pueden negarse bajo ningún concepto.
- Durante la semana puede haber una serie de días festivos. En estos se considerará que ningún empleado tiene que ir a trabajar, y se asumirá que la demanda también es 0 (los festivos de las empresas coinciden con los de la Fundación).
- No se podrán dar días libres a los empleados si es festivo, se tendrán que otorgar otros días de la semana.
- Si la complejidad final del modelo lo permite, se introducirán variables referentes a las incompatibilidades entre trabajadores y a las incompatibilidades entre facilitadores y trabajadores.

6.4.2 MODELO MATEMÁTICO

Se va a proceder ahora a explicar el modelo matemático del plan semanal. Seguirá la misma estructura que el anterior, pero en este caso va a resultar un modelo mucho más complejo, ya que ha de tener en cuenta una gran variedad de estructuras y matices que el plan anual no necesitaba tomar en cuenta.

6.4.2.1 Índices y conjuntos de datos

Expresión	Definición	Referencia
$W = [1, NW]$	Conjunto de trabajadores. Van desde 1 al número de trabajadores (NW)	Ecuación 30
$F = [1, NF]$	Conjunto de facilitadores. Van desde el 1 al número de facilitadores (NF)	Ecuación 31
$J = [1, NJ]$	Conjunto de lugares de trabajo. Van desde el 1 al número de lugares de trabajo (NJ)	Ecuación 32
$D = [1, ND]$	Conjunto de días. Van desde el 1 hasta el número de días (ND)	Ecuación 33

Tabla 21. Índices y conjuntos plan semanal

6.4.2.2 Parámetros necesarios

Expresión	Definición	Referencia
$S_{ij} \quad \forall i \in W, j \in J$	Habilidad ponderada de un trabajador i en un lugar j	Ecuación 34
$WD_{jk} \quad \forall j \in J, k \in D$	Demanda de trabajadores del lugar de trabajo j en el día k	Ecuación 35
$FR_j \quad \forall j \in J$	Ratio necesaria de facilitadores por trabajador invertido en el lugar de trabajo j	Ecuación 36

Diseño de un sistema automático de organización de trabajadores de capacidades diversas en puestos de trabajo para un Centro Especial de Empleo (Espurna CEE, SLU)

DO	<i>Número de días libres a la semana</i>	<i>Ecuación 37</i>
CDO	<i>Número mínimo de días libres que deben ir seguidos</i>	<i>Ecuación 38</i>
$WVD_{ik} \quad \forall i \in W, k \in D$	<i>Días de vacaciones k del trabajador i</i>	<i>Ecuación 39</i>
$FVD_{ik} \quad \forall i \in F, k \in D$	<i>Días de vacaciones k del facilitador i</i>	<i>Ecuación 40</i>
$FTS_k \quad \forall k \in D$	<i>Días de festivos k</i>	<i>Ecuación 41</i>
$WS_{ijk} \quad \forall i \in W, j \in J, k \in D$	<i>Está planificado que el trabajador i trabaje en el puesto j el día k</i>	<i>Ecuación 42</i>
$FS_{ijk} \quad \forall i \in F, j \in J, k \in D$	<i>Está planificado que el facilitador i trabaje en el puesto j el día k</i>	<i>Ecuación 43</i>
$IWW_{ii_2} \quad \forall i \in W, i_2 \in W$	<i>El trabajador i tiene incompatibilidad con el trabajador i2</i>	<i>Ecuación 44</i>
$IWF_{ii_2} \quad \forall i \in W, i_2 \in F$	<i>El trabajador i tiene incompatibilidad con el facilitador i2</i>	<i>Ecuación 45</i>
$pwvd$	<i>Ponderación de eliminar un día de vacaciones planificado de un trabajador</i>	<i>Ecuación 46</i>
$pfvd$	<i>Ponderación de eliminar un día de vacaciones planificado de un facilitador</i>	<i>Ecuación 47</i>
pws	<i>Ponderación de cambiar un día el puesto de trabajo de un trabajador</i>	<i>Ecuación 48</i>
pfs	<i>Ponderación de cambiar un día el puesto de trabajo de un facilitador</i>	<i>Ecuación 49</i>
$pwdo$	<i>Ponderación de cambiar un día de día un día libre planificado de un trabajador</i>	<i>Ecuación 50</i>
$pfdo$	<i>Ponderación de cambiar un día de día un día libre planificado de un facilitador</i>	<i>Ecuación 51</i>

Diseño de un sistema automático de organización de trabajadores de capacidades diversas en puestos de trabajo para un Centro Especial de Empleo (Espurna CEE, SLU)

p_{iww}	<i>Ponderación de que dos trabajadores con incompatibilidad se vean forzados a trabajar juntos</i>	<i>Ecuación 52</i>
p_{iwf}	<i>Ponderación de que un trabajador y un facilitador con incompatibilidad se vean forzados a trabajar juntos</i>	<i>Ecuación 53</i>

Tabla 22. Parámetros plan semanal

6.4.2.3 Variables asociadas al modelo

Expresión	Definición	Referencia
$w_{ijk} \quad \forall i \in W, j \in J, k \in D$	<i>Binaria. Lugar de trabajo j del trabajador i en el día k (1 si está en ese trabajo ese día, 0 lo opuesto)</i>	<i>Ecuación 54</i>
$f_{ijk} \quad \forall i \in F, j \in J, k \in D$	<i>Binaria. Lugar de trabajo j del facilitador i en el día k (1 si está en ese trabajo ese día, 0 lo opuesto)</i>	<i>Ecuación 55</i>
$wdo_{ik} \quad \forall i \in W, k \in D$	<i>Binaria. Día libre del trabajador i el día k (1 si ese día es libre, 0 lo opuesto)</i>	<i>Ecuación 56</i>
$fdo_{ik} \quad \forall i \in F, k \in D$	<i>Binaria. Día libre del facilitador i el día k (1 si ese día es libre, 0 lo opuesto)</i>	<i>Ecuación 57</i>
$cwdo_{ik} \quad \forall i \in W, k \in D$	<i>Variable Auxiliar Binaria. Los días libres del trabajador i el día k y el día k + 1 son consecutivos (1 si son consecutivos, 0 lo opuesto)</i>	<i>Ecuación 58</i>
$cfdo_{ik} \quad \forall i \in F, k \in D$	<i>Variable Auxiliar Binaria. Los días libres del facilitador i el día k y el día k + 1 son consecutivos (1 si son consecutivos, 0 lo opuesto)</i>	<i>Ecuación 59</i>

$wv_{ik} \quad \forall i \in W, k \in D$	<i>Binaria. Las vacaciones del trabajador i en el día k han sido anuladas (1 si han sido anuladas, 0 si no)</i>	<i>Ecuación 60</i>
$fv_{ik} \quad \forall i \in F, k \in D$	<i>Binaria. Las vacaciones del facilitador i en el día k han sido anuladas (1 si han sido anuladas, 0 si no)</i>	<i>Ecuación 61</i>
$wv_{ep_{ik}} \quad \forall i \in W, k \in D$	<i>Variable auxiliar binaria. El día k es festivo o día libre del trabajador i (1 si lo anterior es cierto, 0 si no)</i>	<i>Ecuación 62</i>
$fv_{ep_{ik}} \quad \forall i \in F, k \in D$	<i>Variable auxiliar binaria. El día k es festivo o día libre del facilitador i (1 si lo anterior es cierto, 0 si no)</i>	<i>Ecuación 63</i>
$nw_k \quad \forall i \in W, k \in D$	<i>Variable auxiliar binaria. El día k es festivo, vacaciones o día libre del trabajador i (1 si lo anterior es cierto, 0 si no)</i>	<i>Ecuación 64</i>
$nf_k \quad \forall i \in F, k \in D$	<i>Variable auxiliar binaria. El día k es festivo, vacaciones o día libre del facilitador i (1 si lo anterior es cierto, 0 si no)</i>	<i>Ecuación 65</i>
$ww_{i_2jk} \quad \forall i \in W, i_2 \in W, j \in J, k \in D$	<i>Binaria. El trabajador i y el trabajador i_2 están en el mismo lugar de trabajo j la semana k</i>	<i>Ecuación 66</i>
$wf_{i_2jk} \quad \forall i \in W, i_2 \in F, j \in J, k \in D$	<i>Binaria. El trabajador i y el facilitador i_2 están en el mismo lugar de trabajo j la semana k</i>	<i>Ecuación 67</i>

Tabla 23. Variables plan semanal

6.4.2.4 Función objetivo

$$\begin{aligned}
 [MIN] \quad & p w v d \cdot \sum_{i \in W} \sum_{k \in D} w v_{ik} + p f v d \cdot \sum_{i \in F} \sum_{k \in D} f v_{ik} + p w s \cdot \sum_{i \in W} \sum_{j \in J} \sum_{k \in D} w_{ijk} \cdot (1 - W S_{ijk}) + p f s \\
 & \cdot \sum_{i \in F} \sum_{j \in J} \sum_{k \in D} f_{ijk} \cdot (1 - F S_{ijk}) + p w d o \cdot \sum_{i \in W} \sum_{k \in D} w d o_{ik} \cdot \sum_{j \in J} W S_{ijk} + p f d o \\
 & \cdot \sum_{i \in F} \sum_{k \in D} f d o_{ik} \cdot \sum_{j \in J} F S_{ijk} + p i w w \cdot \sum_{i \in W} \sum_{i_2 \in W} \sum_{j \in J} \sum_{k \in D} i w w_{i i_2 j k} \cdot I W W_{i i_2} + p i w f \\
 & \cdot \sum_{i \in W} \sum_{i_2 \in F} \sum_{j \in J} \sum_{k \in D} i w f_{i i_2 j k} \cdot I W F_{i i_2}
 \end{aligned}$$

Ecuación 68

6.4.2.5 Restricciones

Restricción	Referencia
$\sum_{j \in J} w_{ijk} + n w_{ik} = 1 \quad \forall i \in W, k \in D$	Ecuación 69
$\sum_{j \in J} f_{ijk} + n f_{ik} = 1 \quad \forall i \in F, k \in D$	Ecuación 70
$\sum_{i \in W} w_{ijk} \cdot S_{ij} \geq W D_{jk} \quad \forall j \in J, k \in W S$	Ecuación 71
$\sum_{i \in F} f_{ijk} \cdot F R_j \geq \sum_{i \in W} w_{ijk} \quad \forall j \in J, k \in W S$	Ecuación 72
$\sum_{k \in D} w d o_{ik} = D O \quad \forall i \in W$	Ecuación 73
$\sum_{k \in D} f d o_{ik} = D O \quad \forall i \in F$	Ecuación 74
$w d o_{i k+1} + w d o_{ik} \geq c w d o_{ik} \cdot 2 \quad \forall i \in W, k \in [D - 1]$	Ecuación 75
$\sum_{k \in D} c w d o_{ik} \geq C D O \quad \forall i \in W$	Ecuación 76
$c w d o_{ik} = 0 \quad \forall i \in W, k = N D$	Ecuación 77
$f d o_{i k+1} + f d o_{ik} \geq c f d o_{ik} \cdot 2 \quad \forall i \in F, k \in [D - 1]$	Ecuación 78
$\sum_{k \in D} c f d o_{ik} \geq C D O \quad \forall i \in F$	Ecuación 79

Diseño de un sistema automático de organización de trabajadores de capacidades diversas en puestos de trabajo para un Centro Especial de Empleo (Espurna CEE, SLU)

$cfdo_{ik} = 0 \quad \forall i \in F, k = ND$	<i>Ecuación 80</i>
$wv_{ik+1} + wv_{ik} + wv_{ep_{ik+1}} \geq 0 \quad \forall i \in W, k \in [D - 1]$	<i>Ecuación 81</i>
$fv_{ik+1} + fv_{ik} + fv_{ep_{ik+1}} \geq 0 \quad \forall i \in F, k \in [D - 1]$	<i>Ecuación 82</i>
$wv_{ep_{ik}} \geq wdo_{ik} \quad \forall i \in W, k \in D$	<i>Ecuación 83</i>
$wv_{ep_{ik}} \geq FTS_k \quad \forall i \in W, k \in D$	<i>Ecuación 84</i>
$wv_{ep_{ik}} \leq FTS_k + wdo_{ik} \quad \forall i \in W, k \in D$	<i>Ecuación 85</i>
$fv_{ep_{ik}} \geq fdo_{ik} \quad \forall i \in F, k \in D$	<i>Ecuación 86</i>
$fv_{ep_{ik}} \geq FTS_k \quad \forall i \in F, k \in D$	<i>Ecuación 87</i>
$fv_{ep_{ik}} \leq FTS_k + fdo_{ik} \quad \forall i \in F, k \in D$	<i>Ecuación 88</i>
$nw_{ik} \geq wdo_{ik} \quad \forall i \in W, k \in D$	<i>Ecuación 89</i>
$nw_{ik} \geq FTS_k \quad \forall i \in W, k \in D$	<i>Ecuación 90</i>
$nw_{ik} \geq WVD_{ik} - wv_{ik} \quad \forall i \in W, k \in D$	<i>Ecuación 91</i>
$nw_{ik} \leq wdo_{ik} + FTS_k + WVD_{ik} - wv_{ik} \quad \forall i \in W, k \in D$	<i>Ecuación 92</i>
$nf_{ik} \geq fdo_{ik} \quad \forall i \in F, k \in D$	<i>Ecuación 93</i>
$nf_{ik} \geq FTS_k \quad \forall i \in F, k \in D$	<i>Ecuación 94</i>
$nf_{ik} \geq FVD_{ik} - fv_{ik} \quad \forall i \in F, k \in D$	<i>Ecuación 95</i>
$nf_{ik} \leq fdo_{ik} + FTS_k + FVD_{ik} - fv_{ik} \quad \forall i \in F, k \in D$	<i>Ecuación 96</i>
$wdo_{ik} + FTS_k \leq 1 \quad \forall i \in W, k \in D$	<i>Ecuación 97</i>
$fdo_{ik} + FTS_k \leq 1 \quad \forall i \in F, k \in D$	<i>Ecuación 98</i>
$w_{ijk} + w_{i_2jk} - ww_{ii_2} \leq 1 \quad \forall i \in W, i_2 \in W, j \in J, k \in D$	<i>Ecuación 99</i>
$w_{ijk} + f_{i_2jk} - wf_{ii_2} \leq 1 \quad \forall i \in W, i_2 \in F, j \in J, k \in D$	<i>Ecuación 100</i>

Tabla 24. Restricciones plan semanal

6.4.2.6 Descripción del modelo

Al igual que en el anterior modelo, nos basamos principalmente en las variables de trabajador y facilitador *Ecuación 54* y *Ecuación 55*, que aparecen otra vez separadas, por motivos similares. Estas

variables son las que nos indicarán dónde trabajará cada empleado cada día de la semana. Dado que gran parte del modelo está centrado en características comunes a facilitadores y trabajadores, se van a encontrar muchos paralelismos en cuanto a variables y restricciones entre ambos, pero aun así se ha considerado que vale la pena separarlos en dos grupos distintos.

Además de estas tenemos una amplia gama de variables para medir la disponibilidad que tenemos de cada empleado cada día. Todas ellas son binarias, recorren el conjunto de días y de los empleados correspondientes, y toman el valor 1 cuando durante ese día no se puede contar con un empleado (excepto para las vacaciones). Dependiendo del tipo de indisposición tenemos las siguientes opciones:

- Días libres: Las variables *Ecuación 56* y *Ecuación 57* nos indican que días libres tiene un determinado empleado durante la semana. Estos deberán ser dos por semana y además ser consecutivos.
- Festivos: Las variables *Ecuación 62* y *Ecuación 63* indica si un día es festivo. En el caso de que así sea la variable tomará el valor de 1 y no se podrá contar con ningún empleado ese día. De cara a la demanda esto es irrelevante, ya que será 0 ese día, pero resulta de relevancia para cálculos posteriores.
- Vacaciones: Por otro lado, al venir las vacaciones dadas como dato, las variables *Ecuación 59* y *Ecuación 60* corresponderán a los días que facilitadores y trabajadores deben ser privados de sus vacaciones. Es decir, esta variable tomará el valor 1 si en un determinado día un empleado tenía vacaciones y le son denegadas porque su presencia es necesaria.

Todas las anteriores variables se agrupan en una auxiliar *Ecuación 64* que indicará si un día es de trabajo o no para un empleado. En el caso de que valga 1 se asumirá que ese día el empleado no está disponible. Esta variable al igual que la anterior recorrerá los conjuntos de días y de empleados.

Para garantizar que los días libres de trabajadores y facilitadores son consecutivos se dispone de una variable *Ecuación 57* que recorre los conjuntos de tiempo y de empleados. Esta tomará el valor 1 cuando un día k y el siguiente $k + 1$ ambos sean libres, por lo que siempre valdrá 0 para el último día.

Por otra parte, se ha establecido como criterio que, en caso de que un empleado se vea forzado a renunciar a alguno de sus días de vacaciones este deberá renunciar a todos hasta el siguiente día festivo o día libre. Esto se conseguirá mediante otra variable, definida en *Ecuación 62*, que se considera como punto final de las vacaciones, y toma el valor 1 si ese día es festivo o libre, y 0 en el caso opuesto. Al igual que la variable de vacaciones recorrerá los conjuntos de días y empleados.

Por último, tenemos las variables referidas a las incompatibilidades. Se quiere penalizar el hecho de que dos personas que no se lleven bien o tengan dificultades para la convivencia tengan que ir al mismo sitio el mismo día. Para conseguir esto se tiene una variable incompatibilidad entre trabajadores *Ecuación 66* que tomará valores de 1 cuando dos trabajadores vayan al mismo lugar el mismo día. Es por esto por lo que esta variable deberá recorrer los conjuntos de trabajador (2 veces), lugares de trabajo y días. Hay una variable paralela a esta que recorrerá los conjuntos de trabajador, facilitador, lugares de trabajo y días; para poder comprobar la incompatibilidad entre facilitadores y trabajadores, en vez de la incompatibilidad entre trabajadores.

Diseño de un sistema automático de organización de trabajadores de capacidades diversas en puestos de trabajo para un Centro Especial de Empleo (Espurna CEE, SLU)

Una vez definidas las variables del problema se puede pasar a profundizar en las restricciones que lo estructuran. En este modelo en concreto, la mayoría de las restricciones sirven para asegurar el funcionamiento lógico del modelo y que las variables se comporten tal y como se han definido arriba.

Las únicas excepciones a lo anterior son las restricciones *Ecuación 71* y *Ecuación 72*, que se aseguran de que se cumpla con la demanda de trabajadores y facilitadores cada día y para cada lugar de trabajo. La de los trabajadores será una demanda neta de trabajadores, que se calculará de igual manera que el modelo anterior (mediante el parámetro SKILL *Ecuación 34*), mientras que los facilitadores se requieren en forma de ratio respecto a los trabajadores.

La primera restricción *Ecuación 69* de coherencia es la referida a que cada empleado sólo puede estar en un sitio a la vez cada día y debe estar además en un sitio (condición de las variables *Ecuación 54* y *Ecuación 55*) a no ser que no esté disponible ese día (expresado en las variables *Ecuación 64* y *Ecuación 65*).

Esas mismas variables quedan totalmente definidas mediante cuatro restricciones que determinan su comportamiento. Habrá cuatro restricciones por tipo de empleado, facilitador y trabajador, ya que es necesario recorrer ambos conjuntos. Estas son las necesarias para que valga 1 siempre que alguna de las variables o parámetros referidos a que ese empleado no esté en el trabajo valga 1. Estas restricciones se separan en tres muy similares, una por variable, y una cuarta que aglutina el conjunto:

- Restricción *Ecuación 89 / Ecuación 93*: La variable de no trabajo (*Ecuación 64 / Ecuación 65*) ha de ser mayor que la de días libres (*Ecuación 56 / Ecuación 57*) de forma que si esta última vale 1 la anterior también.
- Restricción *Ecuación 90 / Ecuación 94* *Ecuación 87*: La variable de no trabajo ha de ser mayor que el parámetro de festividades (*Ecuación 41*) de forma que si esta última vale 1 la anterior también.
- Restricción *Ecuación 91 / Ecuación 95*: La variable de no trabajo ha de ser mayor que el parámetro de vacaciones (*Ecuación 39 / Ecuación 40*) menos la variable de negar las vacaciones (*Ecuación 60 / Ecuación 61*), de forma que, si este conjunto vale 1, que significaría que ese día ese trabajador o facilitador tiene vacaciones, la variable de no trabajo también valdrá 1.
- Restricción *Ecuación 92 / Ecuación 96*: Esta última restricción se asegura de que la variable de no trabajo es menor o igual que la suma de todos los conjuntos a la derecha de la desigualdad en las anteriores restricciones, consiguiendo así que la variable de no trabajo no pueda tomar valores de 1 a no ser que se cumpliera alguna de las anteriores cláusulas.

Es necesario definir ahora las restricciones de cada una de las tres (seis) variables que operan para dar forma a la variable de no trabajo.

En primer lugar, tenemos la de días libres, que se compone de tres restricciones y dos variables. La primera restricción (*Ecuación 73*) se asegura de que haya tantos días libres como está estipulado que haya, actuando sobre la variable correspondiente (*Ecuación 56*). Luego se requiere emplear la variable auxiliar (*Ecuación 58*) para asegurar que los días libres sean consecutivos.

Diseño de un sistema automático de organización de trabajadores de capacidades diversas en puestos de trabajo para un Centro Especial de Empleo (Espurna CEE, SLU)

Que dos días libres sean consecutivos se consigue mediante una estrategia muy similar a otras empleadas anteriormente. Se obliga a la variable auxiliar a ser menor o igual que la mitad de la suma de la variable de *Ecuación 56* para un determinado trabajador y día, más la misma variable para ese mismo trabajador y el día siguiente (), de forma que sólo podrá valer 1 en el caso de que sean consecutivos.

Para que los días libres tengan el comportamiento deseado tan sólo faltará el forzar a que haya más días consecutivos que el mínimo, teniendo en cuenta que cuando la suma de las variables de trabajo en todos los días para un mismo trabajador vale 1 significa que 2 días libres son consecutivos, cuando vale 2 que 3 lo son (o que lo son 2 a 2) ...

Este mismo patrón de restricciones y variables se aplica de manera idéntica a los facilitadores en las restricciones *Ecuación 74*, *Ecuación 78* y *Ecuación 79*, y en las variables *Ecuación 57* y *Ecuación 59*.

En cuanto a las festividades no es necesario añadir ninguna restricción adicional, ya que quedan totalmente definidas gracias a su parámetro y la variable de no trabajo. Tan sólo sería necesario el añadir una restricción que se encargase de que no se le pudiese dar día libre a un empleado un día festivo. Esto se ha implementado en *Ecuación 97* y *Ecuación 98*.

Por último, para delimitar el comportamiento de las vacaciones, falta el añadir que siempre que estas sean negadas se deberán negar de ahí en adelante todos los días de la semana hasta el siguiente festivo o día libre.

Para esto se ha definido un “endpoint” o punto final de la negación de vacaciones, que vienen definidos por las variables *Ecuación 62* y *Ecuación 63* para trabajadores y facilitadores. Este se estructura de una manera muy similar a los días de no trabajo, dependiendo esta vez de las festividades y los días libres, articulándose en las siguientes seis restricciones (tres por tipo de empleado):

- Restricción *Ecuación 83 / Ecuación 86*: La variable “endpoint” ha de ser mayor que la de días libres de forma que si esta última vale 1 la anterior también.
- Restricción *Ecuación 84 / Ecuación 87*: La variable “endpoint” ha de ser mayor que la de los días festivos de forma que si esta última vale 1 la anterior también.
- Restricción *Ecuación 85 / Ecuación 88*: Esta restricción será la encargada de que no se pueda asignar un “endpoint” a un determinado usuario un día concreto a no ser que no sea un día festivo o un día libre para ese usuario.

Una vez con la variable “endpoint” fijada se pueden establecer las restricciones *Ecuación 81* y *Ecuación 82* que provocan que siempre que se nieguen vacaciones a alguien un día al siguiente se tenga que hacer de nuevo. Esto se consigue haciendo que, para cada empleado y día, la variable de negación de vacaciones del día siguiente deberá ser mayor o igual que la del actual día, a no ser que el día siguiente sea un “endpoint”.

Por último y para cerrar la descripción del modelo faltarían las restricciones de incompatibilidad, que se encuentran en las expresiones *Ecuación 99* y *Ecuación 100*

Básicamente estas restricciones obligan a las variables “ww” (*Ecuación 66*) y “wf” (*Ecuación 67*) a valer 1 en el caso de que dos trabajadores o un trabajador y un facilitador estén el mismo puesto de trabajo un determinado día; para los índices correspondientes. Es por esto por lo que estas restricciones recorrerán los conjuntos de empleados dos veces y una vez el de puestos de trabajo y el de tiempo.

En cuanto a la evaluación de la bonanza de la solución, aunque en este caso aparenta ser muy compleja, en realidad se puede descomponer en partes y acaba resultando una expresión conceptualmente sencilla, que lo único que intenta es minimizar los cambios sobre el anterior plan establecido. Se pueden diferenciar los siguientes componentes:

- Negación de las vacaciones: Es la suma de todos los días que se hayan tenido que anular las vacaciones de los empleados, de manera separada para trabajadores y facilitadores, y ponderada respecto a estos.
- Cambio de lugar de trabajo planificado: Este se calcula mediante las variables de asignación *Ecuación 54* y *Ecuación 55* que determinan a qué lugar de trabajo va cada empleado cada día. Estas se compararán con el parámetro de horario para cada empleado, lugar y día, y las discrepancias para cada trabajo ejercido por cada empleado se sumarán y se ponderarán. Los horarios para trabajadores y facilitadores vienen dados por los parámetros *Ecuación 42* y *Ecuación 43* para este modelo se asumen como datos y toman el valor 1 cuando un empleado debe estar en un determinado puesto de trabajo un día concreto, y 0 para lo contrario.
- Cambio de días libres: De una forma muy similar a lo anterior, se cotejará el horario de los empleados, sólo que esta vez en vez de hacerlo con la variable de asignación, se hará con la de días libres, comprobando que ese día deberían no haber trabajado para cada lugar de trabajo.
- Incompatibilidades: Por último, se cotejan las variables “ww” y “wf” con los parámetros de incompatibilidad *Ecuación 44* y *Ecuación 45*. De esta forma se tomarán como valor negativo en el caso de que la suma de los valores de la variable para dos empleados determinados y todos los días y puestos de trabajo sea 1 o mayor; y además el parámetro de incompatibilidad indique que esos dos empleados prefieren no trabajar juntos (1 si es así, 0 si no). De esta forma se puede sumar todas las incompatibilidades y ponderarlas.

Con todos estos términos quedaría definida la función objetivo, que en este caso se debería minimizar, ya que se intenta que se produzcan la menor cantidad de cambios posibles y la menor cantidad de incompatibilidades alcanzable. Con esto el apartado del modelo matemático quedaría cerrado.

6.4.3 HERRAMIENTAS DE RESOLUCIÓN DEL MODELO

La implementación del algoritmo Simplex en Python se puede observar en la siguiente imagen:

Diseño de un sistema automático de organización de trabajadores de capacidades diversas en puestos de trabajo para un Centro Especial de Empleo (Espurna CEE, SLU)

```
prob = LpProblem("Semanal Plan", LpMinimize)

worker = LpVariable.dicts("Worker", (WORKERS, JOBS, DAYS), lowBound=0, upBound=1, cat=LpInteger)
worker_days_off = LpVariable.dicts("Worker days off", (WORKERS, DAYS), lowBound=0, upBound=1, cat=LpInteger)
consecutive_worker_days_off = LpVariable.dicts("Consecutive worker days off", (WORKERS, DAYS),
                                              lowBound=0, upBound=1, cat=LpInteger)
negate_worker_vacation = LpVariable.dicts("Negate worker vacation", (WORKERS, DAYS),
                                          lowBound=0, upBound=1, cat=LpInteger)
negate_worker_vacation_end_point = LpVariable.dicts("Negate worker vacation end point", (WORKERS, DAYS),
                                                    lowBound=0, upBound=1, cat=LpInteger)
not_worker_working_day = LpVariable.dicts("Not worker working day", (WORKERS, DAYS),
                                          lowBound=0, upBound=1, cat=LpInteger)

facilitator = LpVariable.dicts("Facilitator", (FACILITATORS, JOBS, DAYS), lowBound=0, upBound=1,
                              cat=LpInteger)
facilitator_days_off = LpVariable.dicts("Facilitator days off", (FACILITATORS, DAYS), lowBound=0, upBound=1,
                                       cat=LpInteger)
consecutive_facilitator_days_off = LpVariable.dicts("Consecutive facilitator days off", (FACILITATORS, DAYS),
                                                    lowBound=0, upBound=1, cat=LpInteger)
negate_facilitator_vacation = LpVariable.dicts("Negate facilitator vacation", (FACILITATORS, DAYS),
                                              lowBound=0, upBound=1, cat=LpInteger)
negate_facilitator_vacation_end_point = LpVariable.dicts("Negate facilitator vacation end point",
                                                         (FACILITATORS, DAYS),
                                                         lowBound=0, upBound=1, cat=LpInteger)
not_facilitator_working_day = LpVariable.dicts("Not facilitator working day", (FACILITATORS, DAYS),
                                              lowBound=0, upBound=1, cat=LpInteger)

incompatibility_workers = LpVariable.dicts("Incompatibility between workers", (WORKERS, WORKERS),
                                          lowBound=0, upBound=1, cat=LpInteger)
incompatibility_worker_facilitator = LpVariable.dicts("Incompatibility worker-facilitator", (WORKERS,
                                                                                          FACILITATORS),
                                                      lowBound=0, upBound=1, cat=LpInteger)

prob += PONDER_NEGATE_WORKER_VACATION*sum(
    negate_worker_vacation[i][k] for i in WORKERS for k in DAYS) + PONDER_NEGATE_FACILITATOR_VACATION*sum(
    negate_facilitator_vacation[i][k] for i in FACILITATORS for k in DAYS) + PONDER_CHANGE_WORKER_PLACE*sum(
    worker[i][j][k]*(1 - WORKER_SCHEDULE[k][i][j]) for i in WORKERS for j in JOBS for k in DAYS) +
PONDER_CHANGE_FACILITATOR_PLACE*sum(
    facilitator[i][j][k]*(1 - FACILITATOR_SCHEDULE[k][i][j]) for i in FACILITATORS for j in JOBS for k in
DAYS) + PONDER_CHANGE_WORKER_DAYS_OFF*sum(
    worker_days_off[i][k]*sum(WORKER_SCHEDULE[k][i][j] for j in JOBS) for i in WORKERS for k in DAYS) +
PONDER_CHANGE_FACILITATOR_DAYS_OFF*sum(
    facilitator_days_off[i][k]*sum(FACILITATOR_SCHEDULE[k][i][j] for j in JOBS) for i in FACILITATORS for k
in DAYS) + PONDER_INCOMPATIBILITY_WORKERS*sum(
    incompatibility_workers[i][ii]*INCOMPATIBILITY_WORKERS[i][ii] for i in WORKERS for ii in WORKERS) +
PONDER_INCOMPATIBILITY_WORKER_FACILITATOR*sum(
    incompatibility_worker_facilitator[i][ii]*INCOMPATIBILITY_WORKER_FACILITATOR[i][ii] for i in WORKERS for
ii in FACILITATORS), 'Changes'
```

Ilustración 21. Código plan semanal 1

Diseño de un sistema automático de organización de trabajadores de capacidades diversas en puestos de trabajo para un Centro Especial de Empleo (Espurna CEE, SLU)

```
for i in WORKERS:
    prob += sum(worker_days_off[i][k] for k in DAYS) == WORKER_DAYS_OFF
    prob += sum(consecutive_worker_days_off[i][k] for k in DAYS) >= MIN_CONSECUTIVE_WORKER_DAYS_OFF

    for k in DAYS:
        prob += sum(worker[i][j][k] for j in JOBS) == 1 - not_worker_working_day[i][k]
        prob += negate_worker_vacation_end_point[i][k] >= worker_days_off[i][k]
        prob += negate_worker_vacation_end_point[i][k] >= FESTIVITIES[k]
        prob += negate_worker_vacation_end_point[i][k] <= worker_days_off[i][k] + FESTIVITIES[k]
        prob += not_worker_working_day[i][k] >= worker_days_off[i][k]
        prob += not_worker_working_day[i][k] >= FESTIVITIES[k]
        prob += not_worker_working_day[i][k] >= WORKER_VACATIONS[i][k] - negate_worker_vacation[i][k]
        prob += not_worker_working_day[i][k] <= worker_days_off[i][k] + FESTIVITIES[k] + WORKER_VACATIONS[i][k] - negate_worker_vacation[i][k]
        prob += worker_days_off[i][k] + FESTIVITIES[k] <= 1
        for j in JOBS:
            for ii in WORKERS:
                prob += worker[i][j][k] + worker[ii][j][k] - incompatibility_workers[i][ii] <= 1
            for ii in FACILITATORS:
                prob += worker[i][j][k] + facilitator[ii][j][k] - incompatibility_worker_facilitator[i][ii] <= 1

    prob += consecutive_worker_days_off[i][N_DAYS - 1] == 0
    for k in DAYS[:-1]:
        prob += worker_days_off[i][k + 1] + worker_days_off[i][k] >= consecutive_worker_days_off[i][k]*2
        prob += negate_worker_vacation[i][k + 1] - negate_worker_vacation[i][k] + negate_worker_vacation_end_point[i][k + 1] >= 0

for i in FACILITATORS:
    prob += sum(facilitator_days_off[i][k] for k in DAYS) == WORKER_DAYS_OFF
    prob += sum(consecutive_facilitator_days_off[i][k] for k in DAYS) >= MIN_CONSECUTIVE_WORKER_DAYS_OFF

    for k in DAYS:
        prob += sum(facilitator[i][j][k] for j in JOBS) == 1 - not_facilitator_working_day[i][k]
        prob += negate_facilitator_vacation_end_point[i][k] >= facilitator_days_off[i][k]
        prob += negate_facilitator_vacation_end_point[i][k] >= FESTIVITIES[k]
        prob += negate_facilitator_vacation_end_point[i][k] <= facilitator_days_off[i][k] + FESTIVITIES[k]
        prob += not_facilitator_working_day[i][k] >= facilitator_days_off[i][k]
        prob += not_facilitator_working_day[i][k] >= FESTIVITIES[k]
        prob += not_facilitator_working_day[i][k] >= WORKER_VACATIONS[i][k] - negate_facilitator_vacation[i][k]
        prob += not_facilitator_working_day[i][k] <= facilitator_days_off[i][k] + FESTIVITIES[k] + WORKER_VACATIONS[i][k] - negate_facilitator_vacation[i][k]
        prob += facilitator_days_off[i][k] + FESTIVITIES[k] <= 1

    prob += consecutive_facilitator_days_off[i][N_DAYS - 1] == 0
    for k in DAYS[:-1]:
        prob += facilitator_days_off[i][k + 1] + facilitator_days_off[i][k] >= consecutive_facilitator_days_off[i][k]*2
        prob += negate_facilitator_vacation[i][k + 1] - negate_facilitator_vacation[i][k] + negate_facilitator_vacation_end_point[i][k + 1] >= 0

for j, k in itertools.product(JOBS, DAYS):
    prob += sum(worker[i][j][k]*SKILL[i][j] for i in WORKERS) >= NEAT_WORKER_DEMAND[j][k]
    prob += sum(facilitator[i][j][k]*FACILITATOR_RATE[j] for i in FACILITATORS) >= sum(worker[i][j][k] for i in WORKERS)

prob.writeLP("WeeklyPlan.lp")
prob.solve()
```

Ilustración 22. Código plan semanal 2

6.4.4 RESULTADOS

Este plan, al ser aún más complejo que el anterior, se esperan obtener resultados más preocupantes todavía, que fueren a contemplar otras posibilidades.

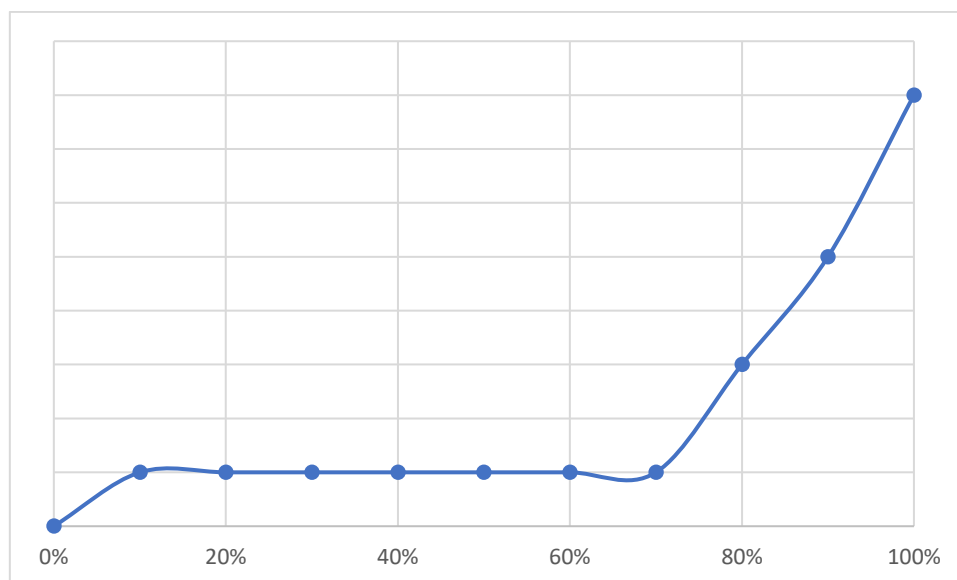


Ilustración 23. Gráfico de resultados plan semanal

Este como se puede ver satura mucho antes y alrededor de al 40% de la carga comienza a tener tiempos de ejecución demasiado elevados.

6.5 PLAN DIARIO

6.5.1 DECISIONES DE DISEÑO

Al contrario que los otros dos planes y debido a su naturaleza, el plan diario requerirá de un énfasis en el detalle, ya que es un elemento de seguridad, de cálculo en caso de emergencia.

No obstante, sigue siendo conveniente una definición previa de las intenciones y aspiraciones del modelo, para facilitar su posterior planteamiento. Las principales filosofías son las siguientes:

- El modelo debe calcular de manera inmediata el resultado. Por definición, no se sabe cuándo pueden surgir imprevistos y es necesario que se pueda realizar un recálculo en el momento en que se disponga de nueva información.
- La entrada de datos por parte del usuario debe de limitarse exclusivamente a cambios de última hora en la disponibilidad de los empleados. De este modo se permite un acceso y manipulación de la herramienta muy rápido y se evita saturar al usuario con información innecesaria en momentos en los que no se aprovecharía.
- El modelo ha de ser simple, tratando siempre de respetar al máximo lo establecido por anteriores planes, y encontrando la solución de compromiso más aceptable en caso de que no pueda hacerlo.

A partir de estas directrices se ha determinado un camino a seguir fijado por los siguientes enunciados, mucho más concretos y enfocados a la realización práctica del modelo matemático:

- No existirá una unidad de tiempo, el cálculo se realizará para un único día. Esto no quiere decir que no pueda calcular para distintos días, pero se hará de manera independiente, con una ejecución separada para cada uno, por lo que en lo que al modelo respecta no hay un índice de tiempo.

- Se asume que puede no haber capacidad suficiente para cubrir la demanda. En este caso es muy posible que un día determinado si se juntan una serie de imprevistos se pueda fallar, siempre se va a intentar paliar la falta de personal lo máximo posible.
- No se puede acceder a más empleados de los que se dispongan. Llegado el mismo día se establece que no se puede hacer acudir a un trabajador o facilitador con tan poca antelación.
- El modelo sigue separando los conjuntos de trabajadores y facilitadores por las mismas razones que las establecidas previamente.
- El eje central del modelo será la demanda de los lugares de trabajo, que será tratada como una restricción “blanda” que ha de ser satisfecha lo máximo posible. La ratio de facilitadores también recibirá el mismo tratamiento.
- Las incompatibilidades entre trabajadores y entre facilitadores y trabajadores se tendrán en cuenta, pero siempre supeditadas a la demanda de los lugares de trabajo y la ratio de facilitadores.

6.5.2 MODELO MATEMÁTICO

A continuación, se presenta el modelo matemático del correspondiente plan. En este caso resulta el más breve de todos, ya que, como se ha descrito anteriormente, la complejidad es notablemente menor que la de los otros planes. Quedará de la siguiente forma:

6.5.2.1 Índices y conjuntos de datos

Expresión	Definición	Referencia
$W = [1, NW]$	Conjunto de trabajadores. Van desde 1 al número de trabajadores (NW)	Ecuación 101
$F = [1, NF]$	Conjunto de facilitadores. Van desde el 1 al número de facilitadores (NF)	Ecuación 102
$J = [1, NJ]$	Conjunto de lugares de trabajo. Van desde el 1 al número de lugares de trabajo (NJ)	Ecuación 103

Tabla 25. Índices y conjuntos plan diario

6.5.2.2 Parámetros necesarios

Expresión	Definición	Referencia
$S_{ij} \quad \forall i \in W, j \in J$	Habilidad ponderada de un trabajador i en un lugar j	Ecuación 104
$WD_{jk} \quad \forall j \in J$	Demanda de trabajadores del lugar de trabajo j en la semana k	Ecuación 105
$FR_j \quad \forall j \in J$	Ratio necesaria de facilitadores por trabajador invertido en el lugar de trabajo j	Ecuación 106
$NW_i \quad \forall i \in W$	El trabajador i no se encuentra disponible para trabajar	Ecuación 107
$FW_i \quad \forall i \in F$	El facilitador i no se encuentra disponible para trabajar	Ecuación 108
$WS_{ij} \quad \forall i \in W, j \in J$	Está planificado que el trabajador i trabaje en el puesto j	Ecuación 109
$FS_{ij} \quad \forall i \in F, j \in J$	Está planificado que el facilitador i trabaje en el puesto j	Ecuación 110

Diseño de un sistema automático de organización de trabajadores de capacidades diversas en puestos de trabajo para un Centro Especial de Empleo (Espurna CEE, SLU)

$IWW_{i_1 i_2} \quad \forall i \in W, i_2 \in W$	El trabajador i tiene incompatibilidad con el trabajador i_2	Ecuación 111
$IWF_{i_1 i_2} \quad \forall i \in W, i_2 \in F$	El trabajador i tiene incompatibilidad con el facilitador i_2	Ecuación 112
pwd	Ponderación de la falta en el cumplimiento de la demanda de trabajadores	Ecuación 113
pfr	Ponderación de la falta en el cumplimiento de la ratio de facilitadores	Ecuación 114
$piww$	Ponderación de la falta en el cumplimiento de las incompatibilidades entre trabajadores	Ecuación 115
$piwf$	Ponderación de la falta en el cumplimiento de las incompatibilidades entre trabajadores y facilitadores	Ecuación 116
pw	Ponderación del cambio de un lugar de trabajo de un trabajador frente a lo planificado	Ecuación 117
pf	Ponderación del cambio de un lugar de trabajo de un facilitador frente a lo planificado	Ecuación 118

Tabla 26. Parámetros plan diario

6.5.2.3 Variables asociadas al modelo

Expresión	Definición	Referencia
$w_{ij} \quad \forall i \in W, j \in J$	Binaria. Lugar de trabajo j del trabajador i (1 si está en ese trabajo el día del cálculo, 0 lo opuesto)	Ecuación 119
$f_{ij} \quad \forall i \in F, j \in J$	Binaria. Lugar de trabajo j del facilitador i (1 si está en ese trabajo el día del cálculo, 0 lo opuesto)	Ecuación 120
$ww_{i_1 i_2 j} \quad \forall i \in W, i_2 \in W, j \in J$	Binaria. El trabajador i y el trabajador i_2 están en el mismo lugar de trabajo j el día del cálculo	Ecuación 121
$wf_{i_1 i_2 j} \quad \forall i \in W, i_2 \in F, j \in J$	Binaria. El trabajador i y el facilitador i_2 están en el mismo lugar de trabajo j el día del cálculo	Ecuación 122
$nwd_j \quad \forall j \in J$	Real positiva. Demanda de trabajadores normalizada que queda por cubrir en el trabajo j el día del cálculo	Ecuación 123
$nfr_j \quad \forall j \in J$	Real positiva. Ratio de facilitadores normalizada que queda por cubrir en el trabajo j el día del cálculo	Ecuación 124

Tabla 27. Variables plan diario

6.5.2.4 Función objetivo

$$\begin{aligned}
 [MIN] \quad & pwd \cdot \sum_{j \in J} nwd_j + pfd \cdot \sum_{j \in J} nfr_j + piww \cdot \sum_{i \in W} \sum_{i_2 \in W} \sum_{j \in J} IWW_{i_2} \cdot ww_{i_2j} + piwf \\
 & \cdot \sum_{i \in W} \sum_{i_2 \in F} \sum_{j \in J} IWF_{i_2} \cdot fi_{i_2j} + pw \cdot \sum_{i \in W} \sum_{j \in J} w_{ij} \cdot (1 - WS_{ij}) + pf \\
 & \cdot \sum_{i \in F} \sum_{j \in J} f_{ij} \cdot (1 - FS_{ij})
 \end{aligned}$$

Ecuación 125

6.5.2.5 Restricciones

Restricción	Referencia
$\sum_{j \in J} w_{ij} = 1 - NW_i \quad \forall i \in W$	<i>Ecuación 126</i>
$\sum_{j \in J} f_{ij} = 1 - FW_i \quad \forall i \in F$	<i>Ecuación 127</i>
$\sum_{i \in W} w_{ij} \cdot S_{ij} \geq WD_j - nwd_j \cdot WD_j \quad \forall j \in J$	<i>Ecuación 128</i>
$\sum_{i \in F} f_{ij} \cdot FR_j \geq \sum_{i \in W} w_{ij} - nfd_j \cdot \sum_{i \in W} WS_{ij} / FR_j \quad \forall j \in J$	<i>Ecuación 129</i>
$w_{ij} + w_{i_2j} - iww_{i_2j} \leq 1 \quad \forall i \in W, i_2 \in W, j \in J$	<i>Ecuación 130</i>
$w_{ij} + f_{i_2j} - iwf_{i_2j} \leq 1 \quad \forall i \in W, i_2 \in F, j \in J$	<i>Ecuación 131</i>

Tabla 28. Restricciones plan diario

6.5.2.6 Descripción del modelo

Este modelo está pensado para ser ejecutado ante imprevistos, como se puede ver en lo compacto que acaba resultando. También de ahí se extrae que unas de las piezas fundamentales del mismo sean los parámetros *Ecuación 107* y *Ecuación 108*. Estos parámetros indican que trabajadores y facilitadores no están disponibles para acudir al trabajo, respectivamente.

Estos parámetros recorrerán sus conjuntos de empleados correspondientes, y tomarán el valor de 1 cuando el empleado no pueda realizar labores en la empresa el día del cálculo. Esto puede estar debido a una variedad de factores como puede ser que esté de vacaciones, tenga el día libre o haya sufrido alguna clase de imprevisto. En el modelo la causa no se tendrá en cuenta, si no que vendrá dada como datos.

En cuanto a las variables se sigue manteniendo la estructura de trabajador y facilitador, siendo las dos variables principales del modelo (*Ecuación 119* y *Ecuación 120*). Estas indican a qué lugar de trabajo debe acudir cada empleado el día al que se refiera el cálculo.

Acompañando a las variables principales tenemos una que indica la cantidad de demanda de trabajadores que queda insatisfecha en cada lugar de trabajo posible. Esta será una variable real positiva, y está ponderada con respecto a la demanda total en ese puesto de trabajo; es decir, si en una de las empresas afiliadas demandaban 5 trabajadores y se les ha proveído de 4, esta variable tomará el valor de 0.2.

Existe también una variable parecida a la anterior pero referida al cumplimiento de la ratio de trabajadores y facilitadores en cada posible lugar de trabajo. Medirá cuánto falta para alcanzar la ratio mínima de facilitadores/trabajadores y está normalizada con respecto a la ratio inicial de trabajadores y facilitadores en cada puesto. Esto puede parecer un poco contraintuitivo, pero se ha realizado así para mantener el modelo lo más lineal posible y supone una aproximación lo suficientemente buena.

Además de las anteriores, podemos encontrar dos variables (*Ecuación 121* y *Ecuación 122*) que hacen referencia a si dos trabajadores (o un trabajador y un facilitador) compartirán lugar de trabajo durante el día en el que se realiza el cálculo.

En referencia a las restricciones que vertebran el modelo, en este caso encontraremos apenas seis, divididas en tres grupos:

- Restricciones de coherencia: Se aseguran de que cada empleado vaya a un lugar, y sólo a un lugar de trabajo. Además, en el caso de que no se disponga de este obligan a que no pueda ser asignado. Las encontramos referidas a trabajadores (*Ecuación 126*) y facilitadores (*Ecuación 127*).
- Restricciones de demanda: Expresiones (*Ecuación 128*) y (*Ecuación 129*). Dan valor a las variables de falta de cumplimiento de la demanda en lugares de trabajo (*Ecuación 123*) y de insatisfacción de la ratio de facilitadores/trabajador (*Ecuación 124*). Para la primera se empleará, al igual que en anteriores modelos, la comparación a través del parámetro de skill con la demanda neta de trabajadores, aunque en este caso la restricción será “blanda”, recayendo la flexibilidad sobre la variable correspondiente. Para la referida a la ratio de facilitadores la comparación será igualmente análoga a los anteriores planes.
- Restricciones de comportamiento: Sirven para obligar a ciertas variables a comportarse tal y cómo se espera de ellas. En este caso serán las restricciones *Ecuación 130* y *Ecuación 131* que facilitarán que las variables *Ecuación 121* y *Ecuación 122* tomen el valor que les corresponde por definición; estas son las referidas a que dos trabajadores o un trabajador y un facilitador compartan lugar de trabajo el día del cálculo.

Por último, la evaluación del modelo se realiza evaluando de manera ponderada las desviaciones con respecto al idóneo que puede haber: la insatisfacción de la demanda, el cambio de lugar de trabajo de los empleados y el que dos personas incompatibles deban ir a un mismo puesto.

En el cambio de lugar y las incompatibilidades se toma el total de veces que se infringe la restricción de manera unitaria, se suman y se pondera con el coeficiente que se considere oportuno. Por otra parte, en la insatisfacción de la demanda, al ser un valor continuo y no discreto no se puede saber cuántas veces se ha infringido de manera unitaria la condición impuesta; no obstante, gracias a que se han normalizado las variables, se puede saber que un valor de 1 del sumatorio de la misma para su índice supondría (aproximadamente) un 100% de infracción sobre lo deseado en un puesto de trabajo, y ponderar en consecuencia.

6.5.3 HERRAMIENTAS DE RESOLUCIÓN DEL MODELO

Al igual que los anteriores planes, se presenta la implementación en Python del algoritmo lineal de resolución del modelo:

Diseño de un sistema automático de organización de trabajadores de capacidades diversas en puestos de trabajo para un Centro Especial de Empleo (Espurna CEE, SLU)

```
prob = LpProblem("Daily Plan", LpMinimize)

worker = LpVariable.dicts("Worker", (WORKERS, JOBS), lowBound=0, upBound=1, cat=LpInteger)
facilitator = LpVariable.dicts("Facilitator", (FACILITATORS, JOBS), lowBound=0, upBound=1, cat=LpInteger)
incompatibility_workers = LpVariable.dicts("Incompatibility between workers", (WORKERS, WORKERS),
                                          lowBound=0, upBound=1, cat=LpInteger)
incompatibility_worker_facilitator = LpVariable.dicts("Incompatibility worker-facilitator", (WORKERS,
                                                                                          FACILITATORS),
                                                    lowBound=0, upBound=1, cat=LpInteger)
negate_worker_demand = LpVariable.dicts("Worker", (JOBS), lowBound=0, upBound=1, cat=LpInteger)
negate_facilitator_demand = LpVariable.dicts("Worker", (JOBS), lowBound=0, upBound=1, cat=LpInteger)

prob += PONDER_NEGLECT_WORKER_DEMAND*sum(negate_worker_demand[j] for j in JOBS) +
PONDER_NEGLECT_FACILITATOR_DEMAND*sum(
    negate_facilitator_demand[j] for j in JOBS) + PONDER_INCOMPATIBILITY_WORKERS*sum(
    INCOMPATIBILITY_WORKERS[i][ii]*incompatibility_workers[i][ii] for i in WORKERS for ii in WORKERS) +
PONDER_INCOMPATIBILITY_WORKER_FACILITATOR*sum(
    INCOMPATIBILITY_WORKER_FACILITATOR[i][ii]*incompatibility_worker_facilitator[i][ii] for i in WORKERS for
    ii in FACILITATORS) +
PONDER_CHANGE_WORKER_PLACE*sum(worker[i][j]*(1 - WORKER_SCHEDULE[i][j])) for i in WORKERS for j in JOBS) +
PONDER_CHANGE_FACILITATOR_PLACE*sum(
    facilitator[i][j]*(1 - FACILITATOR_SCHEDULE[i][j])) for i in FACILITATORS for j in JOBS), "Changes"

for i in WORKERS:
    prob += sum(worker[i][j] for j in JOBS) = 1 - WORKER_NOT_AT_WORK[i]

for i in FACILITATORS:
    prob += sum(facilitator[i][j] for j in JOBS) = 1 - FACILITATOR_NOT_AT_WORK[i]

for j in JOBS:
    prob += sum(facilitator[i][j] for i in FACILITATORS)*FACILITATOR_RATE[j] >= sum(
        worker[i][j] for i in WORKERS) - negate_facilitator_demand[j]*sum(WORKER_SCHEDULE[i][j] for i in
        WORKERS) / FACILITATOR_RATE[j]

    for i in WORKERS:
        for ii in WORKERS:
            prob += worker[i][j] + worker[ii][j] - incompatibility_workers[i, ii] <= 1

    for ii in FACILITATORS:
        prob += facilitator[i][j] + facilitator[ii][j] - incompatibility_worker_facilitator[i, ii] <= 1

prob.writeLP("DiaryPlan.lp")

prob.solve()
```

Ilustración 24. Código plan diario

6.5.4 RESULTADOS

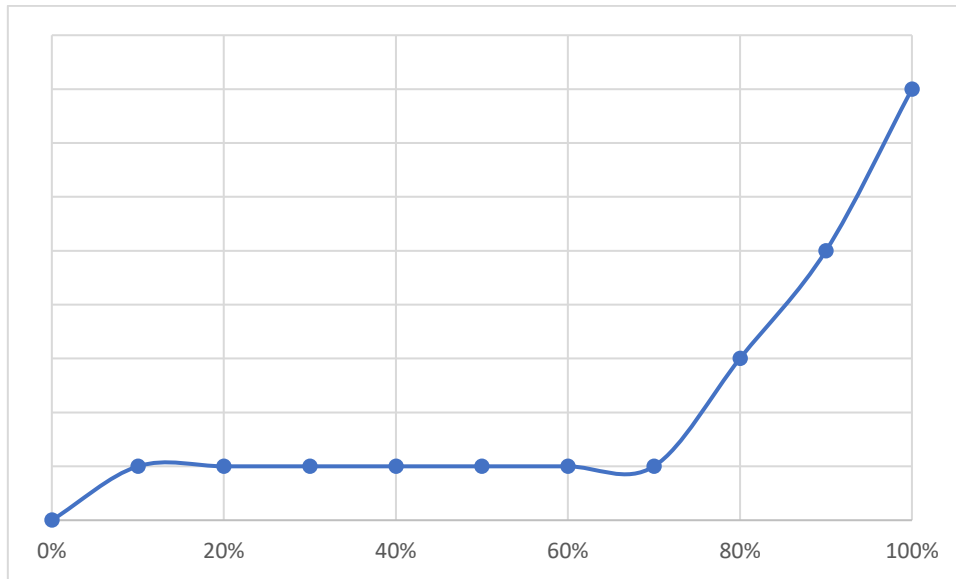


Ilustración 25. Gráfico de resultados plan diario

Como se puede ver, la ligereza del plan diario hace que no llegue a saturar como los anteriores planes, y en todo el espectro de datos siga siendo viable.

6.6 CONCLUSIÓN

Este capítulo ha definido el modelo matemático y ha supuesto lo que sería la primera aproximación a la solución a nivel más informático de este modelo.

A la luz de los resultados la implementación del simplex por sí sola no sería suficiente para completar satisfactoriamente las demandas de la herramienta, por lo que se deberá optar por otras opciones. El Simplex da resultados muy buenos y fiables en poco tiempo con un volumen de datos aceptable, pero en cuanto este se incrementa el tiempo de cálculo se dispara, haciendo imposible el cálculo para esos casos.

La primera de estas opciones sería emplear métodos heurísticos o metaheurísticos para resolverlo, esto tiene el inconveniente de que requiere una profundidad mucho mayor y que no se tiene ninguna garantía de que puedan proporcionar una solución aceptable en menos tiempo que el algoritmo Simplex.

Otro de los caminos a tomar sería la combinación de la solución de este proyecto con otra como la división por departamentos, lo que permitiría la simplificación del problema al dividirlo en varios problemas iguales, reduciendo el número de datos y haciendo que el Simplex sea viable.

Todas estas variaciones no se contemplarán en este trabajo ya que el objetivo de este es la presentación de un marco de operaciones que incluye una herramienta, y no se disponen de los recursos para avanzar tanto en la herramienta, que no es más que una de las partes. De todas formas, la parte fundamental de esta, que es el modelo matemático, ya está definida y se adapta a la realidad tal y cómo se espera.

CAPÍTULO 7.BASE DE DATOS

7.1 INTRODUCCIÓN

En este capítulo se va a desarrollar la base de datos que va a alimentar al sistema. Esta base de datos se emplea en muchos aspectos del proyecto, desde la herramienta y todas sus pantallas hasta los distintos algoritmos de resolución.

Es necesario desarrollarla para poder almacenar todos los datos y soluciones que se van generando a lo largo del desarrollo del SPCO. Además, un buen desarrollo y estructuración de la base de datos define en gran medida cómo se comporta el proyecto, por lo que es una buena herramienta definitoria de este.

Para ello se explicarán las tablas de las que se compone, así como la relación entre ellas mediante un esquema.

7.2 TABLAS

La base de datos se compone en total de quince tablas que almacenan toda la información relevante para el sistema. Cada una de ellas describe la siguiente información:

- Clientes: Alberga la información sobre la demanda de peones y las ratios de facilitadores por peón que son necesarios en cada uno de los trabajos a los que pueden ir estos. Esta información puede ser modificada en cualquier momento.
- Usuarios: Contiene los datos de todos los usuarios o peones del CEE, así como su parámetro skill para cada puesto de trabajo, su preferencia por determinados días de vacaciones y las incompatibilidades con los otros peones o facilitadores. Todas estas informaciones se almacenan en JSON ya que son parámetros complejos.
- Facilitadores: Almacena información similar a la de los usuarios, pero en este caso de los facilitadores, de los cuales no hace falta ni skill ni incompatibilidad entre facilitadores.
- Enclaves: Los enclaves se almacenan en una tabla que es el eje central de la base de datos, cada uno de ellos corresponde al lugar de trabajo que se ha acudido una determinada fecha (un día concreto). Por tanto, incluye en cliente que corresponde, así como los usuarios y facilitadores que han acudido. Para poder relacionarse con estos dos últimos, al ser una relación “muchos a muchos”, se ha requerido de una tabla auxiliar para cada uno de ellos.
- Plan trimestral: El plan trimestral es la tabla que corresponde a este caso del plan anual del SPCO, y a nivel de la base de datos se compone de muchos enclaves distintos, correspondientes a todos los lugares a los que se debe ir por cada día de este plan. Al ser la unidad de tiempo del plan semanas, muchos de los objetos enclave estarán agrupados de manera que sólo difiere la fecha.

- Plan anual: El plan anual se compone de cuatro planes trimestrales distintos. De esta manera, cuando se modifique algún plan trimestral por cualquier incidencia o recálculo, también se modificará el plan anual.
- Plan semanal: Igual que el plan trimestral pero referido a los enclaves a los que se va a acudir una determinada semana.
- Plan trimestral detalle: Es una agrupación de planes semanales hasta llegar a un plan trimestral, que difiere del anterior porque este no está agrupado por semanas sino por días. Al igual que en el plan anual tiene la ventaja de que cada uno de los planes trimestrales se ven afectados por las modificaciones que se hagan en los planes semanales que los componen.
- Plan diario: El plan diario contiene todos los enclaves a los que se va a ir un determinado día, pero al ser este exclusivamente del sistema de control y emergencias deberá siempre ir acompañado por un parte.
- Parte: Contiene la información de la incidencia que ha dado lugar a la solución del plan diario. En este se podrán disponer del responsable del parte (el que lo emite), una breve descripción de la incidencia, el plan al que está asociado y si esta incidencia involucra a algún usuario, facilitador o enclave. Además, dispondrá de un campo booleano en el que se indicará si este incidente ha sido ya revisado.
- Datos del plan anual: Esta es la primera de una serie de tablas en las que se almacenan todos los parámetros que faltan para poder hallar una solución de su correspondiente plan, en este caso el plan anual. Estas sirven para saber cuáles fueron las condiciones con las que fueron halladas esas soluciones, y para que el usuario de la herramienta pueda guardar los parámetros que más le convengan (cada vez que se modifican se guarda una nueva instancia, y para hallar soluciones se empleará la última).
- Datos del plan semanal: Tabla de parámetros correspondiente al plan semanal.
- Datos del plan diario: Tabla de parámetros correspondiente al plan diario.

7.3 ESQUEMA

Diseño de un sistema automático de organización de trabajadores de capacidades diversas en puestos de trabajo para un Centro Especial de Empleo (Espurna CEE, SLU)

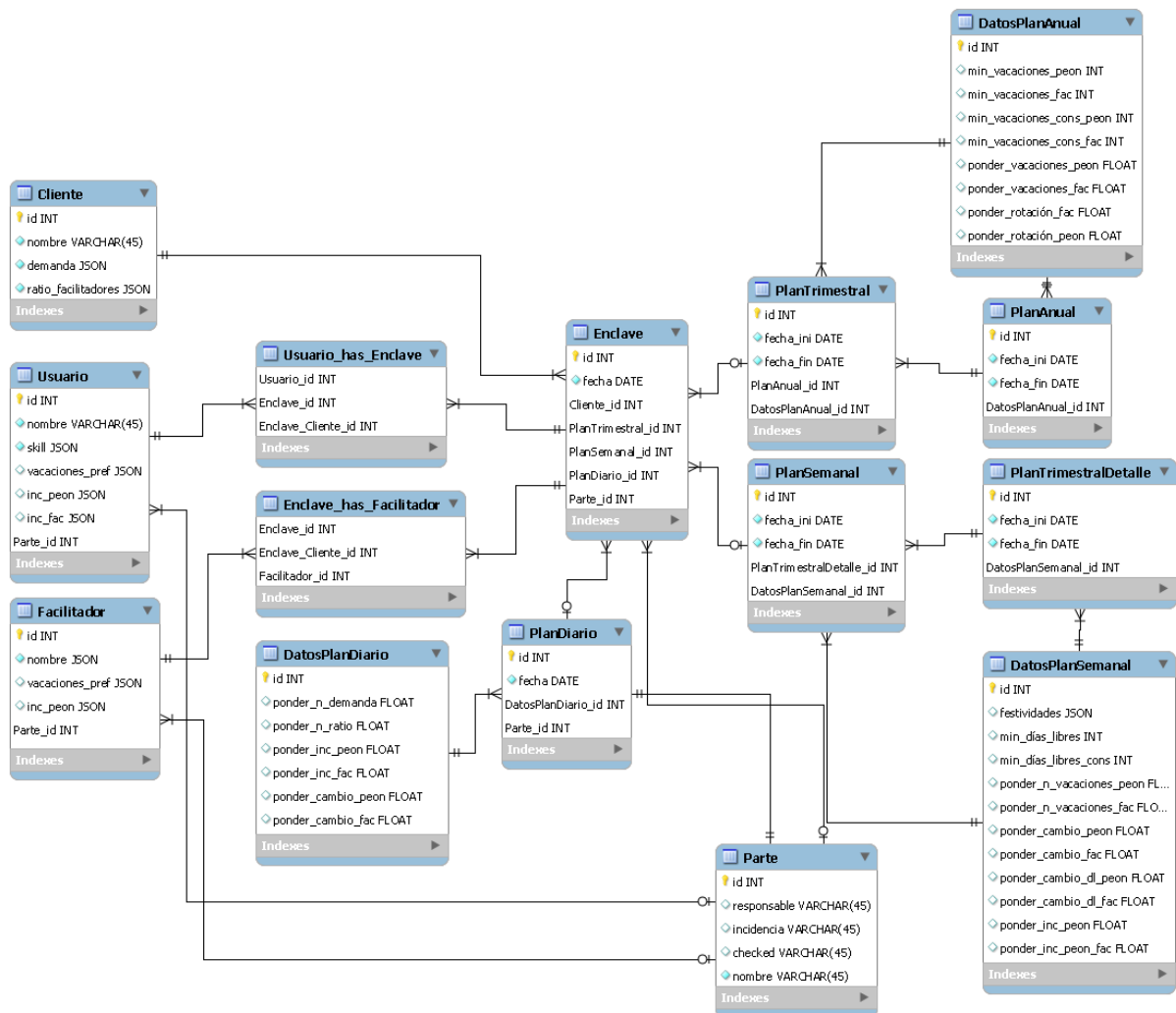


Ilustración 26. Base de datos

7.4 CONCLUSIÓN

En este capítulo se ha desarrollado la base de datos que servirá como eje vertebrador de todo el sistema. Esta tiene un elevado número de tablas, ya que se hace cargo de un sistema entero bastante complejo, pero su funcionamiento ha quedado bien definido.

Es importante remarcar que esta base de datos es un prototipo inicial pensado para encargarse de todo lo correspondiente a este proyecto, pero en el futuro podría ser ampliada para albergar otros datos que sean de importancia para el CEE, cómo otra información relevante de los usuarios o ampliar las características de los clientes.

CAPÍTULO 8. DISEÑO DE DETALLE

8.1 INTRODUCCIÓN

A parte de la resolución del modelo matemático, tal y como se propone y explica en capítulos anteriores, existe la posibilidad de realizar tan sólo una leve mejora del sistema que existe en este momento de cara a realizar la planificación. Esto es la herramienta manual, que consistirá en facilitar a un usuario la realización de la planificación por él mismo.

En este capítulo se evaluarán los dos tipos de herramienta, la manual y la automática, y se tomará una decisión sobre cuál es la mejor para cada situación.

Además, se describirán las pantallas de interacción con el usuario que tendrán las distintas piezas de software. Es importante destacar que estas pantallas son un mero diseño, ya que no es el objetivo del trabajo la programación web. Se detallará también la navegación entre las pantallas y la funcionalidad de cada una de estas.

De esta manera quedará totalmente definida la forma final de la herramienta a emplear por los usuarios y que sirve para ejecutar los distintos planes.

Antes de proceder con el capítulo se ha de mencionar que en las pantallas se mostrará información relativa a usuarios y clientes de la fundación, por motivos de confidencialidad no se mostrará ningún nombre real de ninguna de las dos, los datos serán una prueba.

8.2 TIPO DE HERRAMIENTA

En este trabajo, tal y como se ha introducido previamente, se presentan dos tipos de herramientas a implementar para cumplir su función dentro de la planificación: la herramienta manual y la automática.

Cada una de las herramientas tiene una serie de ventajas e inconvenientes derivados de su uso que las convierten en más o menos adecuadas dependiendo del contexto. En este caso se va a tratar de analizar cuál resultaría mejor y por tanto es la propuesta de implementación en este proyecto.

8.2.1 HERRAMIENTA MANUAL

En la herramienta manual el usuario dispone de una pantalla en la que puede observar las semanas a rellenar y un listado de los empleados en una tabla. Se arrastran los puestos de trabajo (o vacaciones) de un listado aparte a las intersecciones empleado-semana para indicar que ese empleado

trabajará allí esa semana, y se realiza esto para todos los empleados de forma que toda la tabla quede rellena.

8.2.1.1 Ventajas

- Respuesta rápida: Los cambios que se realizan en la planificación tienen impacto inmediato, sin necesidad de tiempos de espera.
- Cambios con criterios humanos: El hecho de que sea una persona el que toma la decisión de a qué puesto va cada trabajador hace que esta pueda tener en cuenta una serie de valoraciones que resulta imposible automatizar en un modelo.
- Simplicidad de uso: La herramienta resulta muy intuitiva y apenas requiere formación para emplearla.
- Posibilidad de hacer muchos recálculos en poco tiempo: Esto está relacionado con la velocidad de respuesta, ya que en el caso de que sea necesario, se pueden plantear varias alternativas de planificación con facilidad.
- Control visual: La planificación manual desemboca en que se tenga que estar haciendo una revisión visual del plan, que ayuda a controlar que sea correcto.

8.2.1.2 Inconvenientes

- Capacidad de organización limitada: El proceso que se trata en este trabajo es muy complejo, tal y como se puede observar en el modelo matemático, por lo que es imposible para un ser humano tener en cuenta todos los factores que se desean tomar en consideración y además encontrar una solución remotamente cercana a la óptima.
- Probabilidad de error humano elevada: Relacionado con lo anterior, es muy fácil que el usuario cometa un desliz y deje de observar un criterio o una restricción que pueda ser vital.
- Lenta e ineficaz: Por otra parte, en el caso de que se tenga que realizar una planificación de muchos periodos de tiempo, se tardaría mucho en pensar y colocar a todos los empleados, sobre todo teniendo en cuenta el volumen que se maneja en la fundación Espurna.

8.2.2 HERRAMIENTA AUTOMÁTICA

El usuario de la herramienta debe introducir en la pantalla correspondiente los datos necesarios para las ponderaciones de los distintos criterios, estos serán procesados por el software, transformados para que se adapten al modelo matemático del problema y este se resuelve, dando como resultado una solución al modelo.

Además, la herramienta tendrá una conexión directa con la base de datos, de la cual obtendrá el resto de los datos que le son necesarios para funcionar, que serán más o menos dependiendo del plan en el que nos encontremos.

8.2.2.1 Ventajas

- Cálculo preciso y objetivo: El hecho de emplear un modelo matemático resuelto mediante software hace que el resultado siempre goce de una gran precisión y además esté libre de sesgos humanos que puedan afectar a la bonanza de la solución.

- Amplitud de criterios: La potencia de la computación asimismo permite el tener en cuenta muchos más criterios de los que usualmente se podrían contemplar, dotando al plan de una mayor amplitud y profundidad.
- Velocidad en grandes volúmenes: Gracias a que la resolución es automática requerirá de un esfuerzo mucho menor y el tiempo que se requiere para ejecutarla se limita al de cálculo.
- Baja probabilidad de fallo: Al tomar la mayoría de los datos de la base de datos y depender exclusivamente del programa interno, una vez este esté bien testeado la posibilidad de un fallo se reduce muchísimo.

8.2.2.2 Inconvenientes

- Complejidad de uso: Al contrario que en la herramienta manual, para obtener soluciones correctas hace falta cierto conocimiento previo sobre el funcionamiento de las ponderaciones y el modelo interno.
- Toma de decisiones: Asimismo, antes de ejecutar esta herramienta se deben de tomar una serie de decisiones que llevan un tiempo y esfuerzo previos de análisis sobre la situación de la fundación.
- Dificultad de repetir pruebas: Debido a lo anterior y al tiempo de cálculo de la herramienta resulta complicado y farragoso el obtener varias alternativas para poder comparar.
- Incapacidad de tomar en cuenta ciertos factores: Como se ha mencionado previamente, hay ciertas cosas que resultan imposibles de procesar para un ordenador.

8.2.3 DECISIÓN FINAL

Como se puede apreciar, los dos tipos de herramienta son muy diferentes, y cada uno se comporta mejor para determinados casos de uso y peor para otros. Típicamente la herramienta manual será mejor cuando se disponga de poco tiempo y se deban hacer pequeños cambios rápidos, mientras que la automática es perfecta para planificaciones al medio-largo plazo en las que se dispone de margen para maniobrar.

Pero lo más destacable es que ambas herramientas se complementan muy bien y funcionan a la perfección juntas, por lo que se va a optar por una solución híbrida, en la que se usa la herramienta automática cuando la situación y los recursos lo permiten y la manual para los momentos que no, así como para corregir y revisar las soluciones que dé la automática, para tener en cuenta los máximos factores posibles.

8.3 PANTALLAS Y NAVEGACIÓN

A continuación, se presentarán las pantallas que compondrán finalmente la herramienta, y que servirán como interfaz de intercambio entre el usuario y el sistema informático.

8.3.1 PLANIFICACIÓN ANUAL

La pantalla principal del plan anual será la presentada en la figura *Ilustración 27. Pantalla planificación anual*. En ella se puede observar la planificación que se ha establecido en el momento actual, además de suponer la pantalla de interacción con el usuario en la herramienta manual.

Diseño de un sistema automático de organización de trabajadores de capacidades diversas en puestos de trabajo para un Centro Especial de Empleo (Espurna CEE, SLU)

En esta se pueden observar la planificación dividida por semanas (en el eje de abscisas) con respecto a los distintos usuarios y facilitadores (situados en el eje de ordenadas). En cada una de las intersecciones de la tabla se podrá ver el puesto de trabajo que está asignado para cada uno de los usuarios o facilitadores durante una determinada semana.

En la pantalla se podrá ver un trimestre entero cada vez, y haciendo clic en las flechas de la esquina superior izquierda se podrá mostrar el siguiente trimestre de la planificación o el anterior. Por defecto se mostrará el trimestre actual.

También se puede apreciar que no aparecen todos los usuarios en la pantalla. Esta permite hacer scroll para ver y editar todos los restantes.

Trimestre	02/09-08/09	09/09-15/09	16/09-22/09	23/09-30/09	01/10-07/10	08/10-14/10	15/10-21/10	22/10-28/10	28/10-03/11	04/11-10/11	11/11-17/11	18/11-24/11
Aleix Moya Romero	Gabo_1	Mantenimiento	Mantenimiento	Capisa_2	Gabo_1	Gabo_1	Revis	Vacaciones	Vacaciones	Vacaciones	Abilpam	Abilpam
Pau Vazquez Castillo	Abilpam	Revis	Revis	Mantenimiento	Mantenimiento	Gabo_1	Gabo_1	Revis	Revis	Abilpam	Abilpam	Revis
Elena Moya Lorenzo	Abilpam	Abilpam	Abilpam	Abilpam	Abilpam	Abilpam	Abilpam	Abilpam	Abilpam	Abilpam	Abilpam	Abilpam
Aya Ramos Martín	Revis	Revis	Lepoh	Limpieza	Limpieza	Limpieza	Limpieza	Abilpam	Administración	Administración	Administración	Administración
Marti Ortiz Vega	Mantenimiento	Gabo_1	Abilpam	Abilpam	Abilpam	Lepoh	Abilpam	Abilpam	Abilpam	Abilpam	Abilpam	Abilpam
Carla Alonso Hidalgo	Lepoh	Texam_1	Texam_1	Texam_1	Texam_1	Texam_1	Texam_1	Texam_1	Administración	Abilpam	Abilpam	Abilpam
Ariadna Jimenez Montero	Texam_1	Texam_2	Texam_2	Abilpam	Abilpam	Capisa_2	Capisa_2	Revis	Administración	Abilpam	Abilpam	Administración
Unai Medina Cano	Limpieza	Revis	Gabo_2	Revis	Administración	Texam_1	Revis	Revis	Texam_1	Texam_1	Capisa_2	Capisa_2
Mar Medina Santos	Gabo_1	Gabo_1	Capisa_1	Administración	Administración	Gabo_1	Gabo_1	Gabo_2	Lepoh	Lepoh	Lepoh	Lepoh
Jorge Mas Ibañez	Abilpam	Capisa_2	Capisa_2	Capisa_2	Capisa_2	Abilpam	Abilpam	Abilpam	Texam_1	Texam_1	Capisa_1	Capisa_1
Lidia Carmona Iglesias	Capisa_1	Capisa_1	Abilpam	Abilpam	Abilpam	Capisa_1	Capisa_2	Capisa_2	Capisa_2	Abilpam	Capisa_1	Capisa_1
Dario Navarro Roman	Gabo_2	Capisa_2	Capisa_2	Capisa_2	Capisa_2	Revis	Limpieza	Limpieza	Limpieza	Limpieza	Administración	Administración
Isaac Cano Ortiz	Texam_2	Texam_2	Gabo_1	Capisa_2	Capisa_2	Capisa_2	Lepoh	Capisa_2	Capisa_2	Limpieza	Limpieza	Gabo_2
Isaac Cano Ortiz	Texam_2	Lepoh	Limpieza	Mantenimiento	Texam_2	Texam_2	Texam_2	Gabo_2	Abilpam	Gabo_2	Lepoh	Lepoh
Ismael Gomez Lopez	Texam_1	Texam_1	Limpieza	Abilpam	Texam_2	Limpieza	Capisa_2	Vacaciones	Vacaciones	Vacaciones	Gabo_2	Mantenimiento
Luna Peña Torres	Gabo_2	Gabo_2	Gabo_2	Texam_1	Texam_1	Texam_1	Texam_2	Texam_2	Capisa_2	Texam_2	Lepoh	Texam_2
Isaac Cano Ortiz	Abilpam	Abilpam	Abilpam	Revis	Gabo_1	Gabo_1	Gabo_1	Gabo_2	Texam_1	Administración	Capisa_1	Capisa_1
Juan Caballero Vargas	Abilpam	Abilpam	Abilpam	Abilpam	Abilpam	Limpieza	Texam_2	Capisa_2	Capisa_2	Lepoh	Lepoh	Lepoh
Héctor Ortiz Saez	Gabo_2	Capisa_2	Capisa_2	Capisa_2	Administración	Mantenimiento	Mantenimiento	Capisa_1	Revis	Administración	Administración	Administración
Nuria Herrera Roman	Capisa_1	Texam_2	Texam_2	Capisa_1	Capisa_1	Capisa_1	Lepoh	Abilpam	Mantenimiento	Mantenimiento	Mantenimiento	Mantenimiento
Paola Casas Lorenzo	Texam_1	Limpieza	Limpieza	Gabo_1	Limpieza	Limpieza	Lepoh	Lepoh	Lepoh	Texam_2	Texam_2	Texam_2
Sofía Serra Roman	Capisa_1	Capisa_1	Capisa_1	Capisa_1	Limpieza	Texam_1	Texam_1	Limpieza	Gabo_2	Lepoh	Lepoh	Lepoh
Nora Carmona Ruiz	Texam_1	Texam_1	Lepoh	Lepoh	Capisa_1	Capisa_1	Capisa_1	Texam_2	Lepoh	Lepoh	Lepoh	Texam_2
Joaquín Muñoz Medina	Texam_2	Texam_2	Texam_2	Texam_2	Capisa_1	Capisa_1	Capisa_1	Capisa_1	Revis	Revis	Lepoh	Capisa_1
Yoray Delgado Iglesias	Gabo_1	Texam_2	Capisa_2	Capisa_2	Administración	Abilpam	Lepoh	Texam_1	Limpieza	Mantenimiento	Mantenimiento	Gabo_2
Éric Font Herrera	Limpieza	Texam_1	Texam_1	Capisa_2	Capisa_2	Limpieza	Limpieza	Capisa_2	Capisa_2	Capisa_1	Capisa_1	Capisa_1
Roberto Sala Reyes	Mantenimiento	Mantenimiento	Mantenimiento	Mantenimiento	Mantenimiento	Revis	Revis	Revis	Mantenimiento	Texam_1	Limpieza	Revis
Marco Lopez Jimenez	Administración	Administración	Administración	Administración	Administración	Texam_2	Texam_2	Capisa_2	Capisa_2	Capisa_2	Capisa_2	Capisa_2
Alicia Roig Ramirez	Mantenimiento	Revis	Revis	Revis	Revis	Revis	Revis	Revis	Capisa_2	Capisa_2	Capisa_1	Revis
Paula Blanco Diez	Gabo_2	Capisa_1	Gabo_2	Capisa_2	Lepoh	Lepoh	Limpieza	Limpieza	Limpieza	Capisa_2	Capisa_2	Texam_1
Manuel Nuñez Vega	Texam_1	Texam_1	Gabo_1	Lepoh	Administración	Limpieza	Limpieza	Texam_1	Texam_1	Mantenimiento	Mantenimiento	Mantenimiento
Alba Aguilar Montero	Texam_1	Texam_1	Texam_2	Capisa_1	Capisa_1	Gabo_2	Gabo_2	Gabo_2	Gabo_2	Gabo_2	Gabo_2	Mantenimiento
Lorena Parra Gomez	Gabo_1	Gabo_1	Gabo_1	Capisa_1	Gabo_1	Texam_2	Limpieza	Lepoh	Lepoh	Gabo_1	Gabo_1	Gabo_1
Lorena Navarro Medina	Abilpam	Capisa_1	Capisa_1	Administración	Administración	Capisa_1	Lepoh	Lepoh	Lepoh	Administración	Administración	Texam_1
Isaac Blanco Santos	Administración	Capisa_1	Capisa_1	Capisa_1	Capisa_1	Capisa_1	Texam_1	Texam_1	Abilpam	Abilpam	Abilpam	Gabo_1
Samuel Fernandez Molina	Administración	Lepoh	Lepoh	Lepoh	Texam_1	Texam_1	Texam_1	Revis	Revis	Limpieza	Limpieza	Administración
Alba Pascual Hernandez	Gabo_2	Texam_1	Abilpam	Abilpam	Abilpam	Gabo_2	Gabo_2	Gabo_2	Limpieza	Gabo_1	Gabo_1	Gabo_1

Ilustración 27. Pantalla planificación anual

En esta pantalla estará además integrada la herramienta manual. La pantalla permite al usuario cambiar en cualquier momento una asignación a un puesto de un empleado por otro tan sólo clicando en la asignación y seleccionando el puesto que se desee. Una vez se ha hecho algún cambio aparecerá en la pantalla la opción de guardar cambios, en caso de que se desee que la solución quede archivada y vigente a estar vigente.

8.3.2 PLANIFICACIÓN TRIMESTRAL

De manera análoga a la anterior, se tiene la pantalla correspondiente a la planificación trimestral. En esta también se mostrarán los empleados frente a una unidad de tiempo, cruzándose en

Diseño de un sistema automático de organización de trabajadores de capacidades diversas en puestos de trabajo para un Centro Especial de Empleo (Espurna CEE, SLU)

los distintos enclaves, sólo que en esta ocasión la unidad de tiempo serán días. Se muestra en la figura *Ilustración 28. Pantalla planificación trimestral*.

ESPURNA.ORG		Planificación Trimestral						
Semana		02/09	03/09	04/09	05/09	06/09	07/09	08/09
Aleix Moya Romero		Texam_2	Texam_2	Mantenimiento	Mantenimiento	Capisa_1	Capisa_1	Gabo_2
Pau Vazquez Castillo		Capisa_2	Mantenimiento	Mantenimiento	Capisa_1	Capisa_1	Capisa_1	Capisa_1
Elena Moya Lorenzo		Administración	Lepoh	Lepoh	Gabo_1	Gabo_1	Gabo_1	Gabo_1
Aya Ramos Martín		Capisa_2	Mantenimiento	Mantenimiento	Texam_1	Texam_1	Texam_1	Texam_1
Marti Ortiz Vega		Administración	Administración	Administración	Mantenimiento	Capisa_2	Capisa_2	Capisa_2
Carla Alonso Hidalgo		Lepoh	Administración	Administración	Revis	Texam_1	Texam_1	Texam_1
Ariadna Jimenez Montero		Revis	Revis	Revis	Revis	Revis	Revis	Mantenimiento
Unai Medina Cano		Gabo_2	Limpieza	Limpieza	Capisa_1	Mantenimiento	Texam_1	Lepoh
Mar Medina Santos		Texam_1	Texam_1	Lepoh	Limpieza	Revis	Ablipam	Limpieza
Jorge Mas Ibañez		Ablipam	Ablipam	Mantenimiento	Mantenimiento	Gabo_2	Gabo_2	Gabo_2
Lidia Carmona Iglesias		Administración	Administración	Revis	Revis	Ablipam	Ablipam	Ablipam
Darío Navarro Roman		Capisa_1	Capisa_1	Texam_1	Gabo_1	Gabo_1	Limpieza	Administración
Isaac Cano Ortiz		Ablipam	Texam_1	Texam_1	Texam_1	Texam_1	Texam_1	Administración
Isaac Cano Ortiz		Lepoh	Lepoh	Lepoh	Mantenimiento	Mantenimiento	Administración	Gabo_1
Ismael Gomez Lopez		Capisa_1	Gabo_1	Ablipam	Ablipam	Ablipam	Ablipam	Ablipam
Luna Peña Torres		Administración	Administración	Gabo_2	Gabo_2	Gabo_2	Capisa_2	Capisa_2
Isaac Cano Ortiz		Limpieza	Administración	Texam_2	Administración	Administración	Administración	Mantenimiento
Iván Caballero Vargas		Gabo_2	Gabo_2	Mantenimiento	Administración	Capisa_1	Capisa_1	Limpieza
Héctor Ortiz Saez		Texam_2	Texam_1	Texam_1	Mantenimiento	Mantenimiento	Mantenimiento	Mantenimiento
Nuria Herrera Roman		Mantenimiento	Mantenimiento	Ablipam	Texam_2	Ablipam	Revis	Capisa_2
Paola Casas Lorenzo		Mantenimiento	Capisa_2	Capisa_2	Capisa_2	Administración	Mantenimiento	Administración
Sofía Serra Roman		Texam_1	Texam_1	Texam_1	Capisa_1	Capisa_1	Gabo_1	Gabo_1

Ilustración 28. Pantalla planificación trimestral

Se mostrará una semana entera y se podrá cambiar de semana mediante las flechas de la esquina superior izquierda. Asimismo, el usuario de la aplicación podrá hacer scroll hacia abajo para ver la información que falta.

El funcionamiento como herramienta manual es exactamente igual que el del plan anual, clicando sobre un enclave este puede ser cambiado y aparecerá entonces el botón de guardar cambios para poder almacenar e implantar la solución.

8.3.3 PANTALLA DE USUARIOS

La siguiente pantalla que se presenta es la de detalle de empleado. En esta se pueden tanto consultar los datos como añadir nuevos trabajadores a la base de datos, además de editar cualquier cosa de los ya existentes.

Esta pantalla permite gestionar toda la información relativa a la planificación necesaria de los usuarios. Además, permite añadir y eliminar usuarios y llevar un control de los enclaves a los que ha ido o los cambios en su parámetro de skill. Se define la pantalla en la imagen *Ilustración 29. Pantalla de usuarios*.

The screenshot displays the 'Usuarios' management page. On the left, a list of users is shown with checkmarks for active users and a cross for the selected user, Ariadna Jimenez Montero. Below the list are buttons for 'Añadir', 'Guardar', and 'Eliminar'. The main area shows the user's status as 'Disponible', their vacation periods, and a 'Historial' table of work assignments. Below that is a 'SKILL' table with columns for dates and rows for various skills.

Disponible	Vacaciones	02/11-08/11	09/11-15/11	02/12-08/12	09/12-15/12
Historial					
02/09-08/09	09/09-15/09	16/09-22/09	23/09-30/09	01/10-07/10	08/10-14/10 15/10-21/10
<	Gabo_1	Gabo_2	Gabo_1	Gabo_1	Gabo_2 Texam_1 Texam_1 >

	SKILL						
	02/09-08/09	09/09-15/09	16/09-22/09	23/09-30/09	01/10-07/10	08/10-14/10	15/10-21/10
Revis	0	0	0	0	0	0	0
Lepoh	0.85	0.85	0.87	0.87	0.87	0.87	0.87
Texam_1	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35
Texam_2	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Limpieza	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45
Administración	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
Ablipam	1	1	1	1	1	1	1
Capisa_1	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45
Capisa_2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
Mantenimiento	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
Gabo_1	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4
Gabo_2	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5

Ilustración 29. Pantalla de usuarios

A la izquierda de la pantalla se puede ver el listado de usuarios, así como el nombre del que está seleccionado en este momento. Como se puede ver la lista tiene la posibilidad de hacer scroll y tiene un símbolo al lado de cada uno de los otros usuarios. Este símbolo indica si se tiene alguna incompatibilidad con el usuario en cuestión, en caso de que así sea aparecerá una cruz, en caso contrario una marca de verificación. Para cambiar el estado de esto simplemente hay que clicar sobre el símbolo.

A la derecha se puede ver si el usuario está disponible o no, las vacaciones que tiene asignadas, los últimos puestos de trabajo a los que ha acudido y su parámetro skill para cada uno de los enclaves.

Todos estos datos pueden ser cambiados manualmente, y para guardarlos tan solo se debe pulsar el botón guardar en la parte inferior izquierda de la pantalla. En esa misma ubicación hallamos otros dos botones que permiten eliminar el usuario seleccionado o crear uno nuevo para rellenarlo con datos.

8.3.4 PANTALLA DE FACILITADORES

Una pantalla muy similar a la anterior, pero en este caso destinada a albergar la información de los facilitadores en vez de la de los usuarios.



Ilustración 30. Pantalla de facilitadores

Se presenta en la imagen *Ilustración 30. Pantalla de facilitadores* y su funcionalidad es parecida a la pantalla de usuarios: a la izquierda encontramos el listado de facilitadores (en la cual no hay ningún símbolo pues no se permite incompatibilidad entre facilitadores) y a la derecha encontramos la información relevante sobre el facilitador en cuestión.

Esta información será la disponibilidad, las vacaciones asignadas, el historial de enclaves acudidos y dos listados distintos, que es donde difiere de la pantalla anterior. Un listado será el correspondiente a las incompatibilidades que pueda tener el facilitador en cuestión con cualquier usuario y el otro muestra los partes presentados por el facilitador, con una marca de verificación aquellos que el coordinador haya marcado como revisados.

Toda esta información puede ser cambiada y guardada mediante el correspondiente botón. Asimismo, se pueden crear nuevos facilitadores y eliminarlos de la base de datos.

8.3.5 PANTALLA DE CLIENTES

En esta pantalla *Ilustración 31. Pantalla de clientes* se podrá ver la información individual de cada cliente, seleccionando el deseado igual que en las anteriores pantallas de un listado. También se podrán ejecutar las funciones básicas de estas, que son editar y guardar, crear nuevos clientes y eliminar, todo ello modificando la base de datos.

Diseño de un sistema automático de organización de trabajadores de capacidades diversas en puestos de trabajo para un Centro Especial de Empleo (Espurna CEE, SLU)

En esta ocasión en la parte derecha de la pantalla se puede ver el historial del enlace, es decir, todas las personas que acudieron a ese lugar de trabajo una determinada semana. Se muestra un mes entero y pueden verse otros clicando en las flechas a derecha e izquierda del historial.

También se encuentra la demanda prevista de las próximas semanas (navegable entre meses también), que servirán para los distintos cálculos, así como número de facilitadores que será necesario cada una de esas semanas.

Historial

	02/09-08/09	09/09-15/09	16/09-22/09	23/09-30/09
	Aleix Moya Romero	Aleix Moya Romero	Aleix Moya Romero	Aleix Moya Romero
	Pau Vazquez Castillo	Pau Vazquez Castillo	Elena Moya Lorenzo	Pau Vazquez Castillo
	Elena Moya Lorenzo	Marti Ortiz Vega	Marti Ortiz Vega	Marti Ortiz Vega
	Isaac Cano Ortiz	Isaac Cano Ortiz	Dario Navarro Roman	Isaac Cano Ortiz
	Unai Medina Cano	Unai Medina Cano	Mar Medina Santos	Marti Ortiz Vega
	Jorge Mas Ibañez	Mar Medina Santos	Mar Medina Santos	Mar Medina Santos
	Carla Alonso Hidalgo	Isaac Cano Ortiz	Carla Alonso Hidalgo	Aya Ramos Martin
	Ariadna Jimenez Montero	Ariadna Jimenez Montero	Ariadna Jimenez Montero	Ariadna Jimenez Montero
	Isaac Cano Ortiz	Jorge Mas Ibañez	Marti Ortiz Vega	Marti Ortiz Vega
	Jorge Mas Ibañez	Jorge Mas Ibañez		0

Demanda prevista

	23/10-29/10	30/10-05/11	06/11-12/11	13/11-19/11
Usuarios	7	7	10	8
Facilitadores	1	1	2	1

Ilustración 31. Pantalla de clientes

8.3.6 PANTALLA DE CÁLCULO DEL PLAN ANUAL

En esta pantalla es en la que se obtienen soluciones al plan anual. Estas soluciones pueden ser para cualquier cantidad de trimestres, para adaptarse a todos los casos de uso del plan anual mediante una sola pantalla.

Diseño de un sistema automático de organización de trabajadores de capacidades diversas en puestos de trabajo para un Centro Especial de Empleo (Espurna CEE, SLU)

Plan Anual: Cálculo

Trimestre	02/09-08/09	09/09-15/09	16/09-22/09	23/09-30/09	01/10-07/10	08/10-14/10	15/10-21/10	22/10-28/10	28/10-03/11	04/11-10/11	11/11-17/11	18/11-24/11
Aleix Moya Romero	Gabo_1	Mantenimiento	Mantenimiento	Capisa_2	Gabo_1	Gabo_1	Revis	Vacaciones	Vacaciones	Vacaciones	Ablipam	Ablipam
Pau Vazquez Castillo	Ablipam	Revis	Revis	Mantenimiento	Mantenimiento	Gabo_1	Gabo_1	Revis	Revis	Ablipam	Ablipam	Revis
Elena Moya Lorenzo	Ablipam	Ablipam	Ablipam	Ablipam	Ablipam	Ablipam	Ablipam	Ablipam	Ablipam	Ablipam	Ablipam	Ablipam
Aya Ramos Martin	Revis	Revis	Lepoh	Limpieza	Limpieza	Limpieza	Limpieza	Ablipam	Administración	Administración	Administración	Administración
Marti Ortiz Vega	Mantenimiento	Gabo_1	Ablipam	Ablipam	Ablipam	Lepoh	Ablipam	Ablipam	Ablipam	Ablipam	Ablipam	Ablipam
Carla Alonso Hidalgo	Lepoh	Texam_1	Texam_1	Texam_1	Texam_1	Texam_1	Texam_1	Texam_1	Administración	Ablipam	Ablipam	Ablipam
Ariadna Jimenez Montero	Texam_1	Texam_2	Texam_2	Ablipam	Ablipam	Capisa_2	Capisa_2	Revis	Administración	Ablipam	Ablipam	Administración
Unai Medina Cano	Limpieza	Revis	Gabo_2	Revis	Administración	Texam_1	Revis	Revis	Texam_1	Texam_1	Capisa_2	Capisa_2
Mar Medina Santos	Gabo_1	Gabo_1	Capisa_1	Administración	Administración	Gabo_1	Gabo_1	Gabo_2	Lepoh	Lepoh	Lepoh	Lepoh
Jorge Mas Ibañez	Ablipam	Capisa_2	Capisa_2	Capisa_2	Capisa_2	Ablipam	Ablipam	Ablipam	Texam_1	Texam_1	Capisa_1	Capisa_1
Lidia Carmona Iglesias	Capisa_1	Capisa_1	Ablipam	Ablipam	Ablipam	Capisa_1	Capisa_2	Capisa_2	Capisa_2	Ablipam	Capisa_1	Capisa_1
Dario Navarro Roman	Gabo_2	Capisa_2	Capisa_2	Capisa_2	Capisa_2	Revis	Limpieza	Limpieza	Limpieza	Limpieza	Administración	Administración
Isaac Cano Ortiz	Texam_2	Texam_2	Gabo_1	Capisa_2	Capisa_2	Capisa_2	Lepoh	Capisa_2	Capisa_2	Limpieza	Limpieza	Gabo_2
Isaac Cano Ortiz	Gabo_2	Lepoh	Limpieza	Mantenimiento	Texam_2	Texam_2	Texam_2	Gabo_2	Ablipam	Gabo_2	Lepoh	Lepoh
Ismael Gomez Lopez	Texam_1	Texam_1	Limpieza	Ablipam	Texam_2	Limpieza	Capisa_2	Vacaciones	Vacaciones	Vacaciones	Gabo_2	Mantenimiento
Luna Peña Torres	Gabo_2	Gabo_2	Gabo_2	Texam_1	Texam_1	Texam_1	Texam_2	Texam_2	Capisa_2	Capisa_2	Lepoh	Texam_2
Isaac Cano Ortiz	Ablipam	Ablipam	Ablipam	Revis	Gabo_1	Gabo_1	Gabo_1	Gabo_2	Texam_1	Administración	Capisa_1	Capisa_1
Iván Caballero Vargas	Ablipam	Ablipam	Ablipam	Ablipam	Ablipam	Limpieza	Texam_2	Capisa_2	Capisa_2	Lepoh	Lepoh	Lepoh
Héctor Ortiz Saez	Gabo_2	Capisa_2	Capisa_2	Capisa_2	Administración	Mantenimiento	Mantenimiento	Capisa_1	Revis	Administración	Administración	Administración
Nuria Herrera Roman	Capisa_1	Texam_2	Texam_2	Capisa_1	Capisa_1	Capisa_1	Lepoh	Ablipam	Mantenimiento	Mantenimiento	Mantenimiento	Mantenimiento
Pau Casas Lorenzo	Texam_1	Limpieza	Limpieza	Gabo_1	Limpieza	Limpieza	Lepoh	Lepoh	Lepoh	Texam_2	Texam_2	Texam_2
Sofía Serra Roman	Capisa_1	Capisa_1	Capisa_1	Gabo_1	Limpieza	Texam_1	Texam_1	Limpieza	Gabo_2	Lepoh	Lepoh	Lepoh
Nora Carmona Ruiz	Texam_1	Texam_1	Lepoh	Lepoh	Capisa_1	Capisa_1	Capisa_1	Texam_2	Lepoh	Lepoh	Lepoh	Texam_2
Joaquín Muñoz Medina	Texam_2	Texam_2	Texam_2	Texam_2	Capisa_1	Capisa_1	Capisa_1	Capisa_1	Revis	Revis	Lepoh	Capisa_1

Ponderaciones

Rotación de trabajadores	2
Rotación de facilitadores (negativa)	0.5
Respeto a las vacaciones escogidas por los trabajadores	0.3
Respeto a las vacaciones escogidas por los facilitadores	0.5

Datos

Ratio de trabajadores / facilitadores	2
Mínimo número de semanas de vacaciones consecutivas (trabajadores)	0.5
Mínimo número de semanas de vacaciones consecutivas (facilitadores)	0.3

Calcular Guardar
Exportar Cargar

Ilustración 32. Pantalla de cálculo del plan anual

La pantalla tiene un diseño muy similar al de la planificación anual, pero siendo la muestra de la planificación más pequeña (se puede hacer scroll para verla entera) para dejar espacio a otros aspectos necesarios.

Para seleccionar un trimestre se debe clicar en la esquina inferior izquierda. La herramienta tan sólo dejará seleccionar trimestres consecutivos para el cálculo.

Una vez se ha seleccionado el trimestre, se pueden rellenar los datos y ponderaciones necesarias para el cálculo, que las encontramos debajo de la pantalla *Ilustración 32. Pantalla de cálculo del plan anual*. Después de esto se puede calcular el plan. Cuando este esté listo se podrá visualizar en la parte de la pantalla reservada para la planificación, y, si se está conforme con la solución, esta se podrá exportar a la pantalla de planificación anual o guardar para un uso más tardío.

Estas acciones (exportar, calcular y guardar) se encuentran en forma de botones en la parte inferior de la pantalla, donde también encontramos un botón de cargar, que nos permite visualizar soluciones guardadas anteriormente.

8.3.7 PANTALLA DE CÁLCULO DEL PLAN SEMANAL

Diseño de un sistema automático de organización de trabajadores de capacidades diversas en puestos de trabajo para un Centro Especial de Empleo (Espurna CEE, SLU)

ESPURNA.ORG Plan Semanal: Cálculo

Semana	02/09	03/09	04/09	05/09	06/09	07/09	08/09
Aleix Moya Romero	Texam_2	Texam_2	Mantenimiento	Mantenimiento	Capisa_1	Capisa_1	Gabo_2
Pau Vazquez Castillo	Capisa_2	Mantenimiento	Mantenimiento	Capisa_1	Capisa_1	Capisa_1	Capisa_1
Elena Moya Lorenzo	Administración	Lepoh	Lepoh	Gabo_1	Gabo_1	Gabo_1	Gabo_1
Aya Ramos Martin	Capisa_2	Mantenimiento	Mantenimiento	Texam_1	Texam_1	Texam_1	Texam_1
Martí Ortiz Vega	Administración	Administración	Administración	Mantenimiento	Capisa_2	Capisa_2	Capisa_2
Carla Alonso Hidalgo	Lepoh	Administración	Administración	Revis	Texam_1	Texam_1	Texam_1
Ariadna Jimenez Montero	Revis	Revis	Revis	Revis	Revis	Revis	Mantenimiento
Unai Medina Cano	Gabo_2	Limpieza	Limpieza	Capisa_1	Mantenimiento	Texam_1	Lepoh
Mar Medina Santos	Texam_1	Texam_1	Lepoh	Limpieza	Revis	Ablipam	Limpieza
Jorge Mas Ibañez	Ablipam	Ablipam	Mantenimiento	Mantenimiento	Gabo_2	Gabo_2	Gabo_2
Lidia Carmona Iglesias	Administración	Administración	Revis	Revis	Ablipam	Ablipam	Ablipam
Darío Navarro Roman	Capisa_1	Capisa_1	Texam_1	Gabo_1	Gabo_1	Limpieza	Administración
Isaac Cano Ortiz	Ablipam	Texam_1	Texam_1	Texam_1	Texam_1	Texam_1	Administración
Isaac Cano Ortiz	Lepoh	Lepoh	Lepoh	Mantenimiento	Mantenimiento	Administración	Gabo_1

Seleccionar

Ponderaciones		Datos	
Cambio de vacaciones (trabajadores)	0.5	Mínimo número de días libres (trabajadores)	2
Cambio de vacaciones (facilitadores)	2	Mínimo número de días libres (facilitadores)	2
Cambio de lugar de trabajo (trabajadores)	1	Mínimo número de días libres consecutivos (trabajadores)	1
Cambio de lugar de trabajo (facilitadores)	0.5	Mínimo número de días libres consecutivos (facilitadores)	1

Calcular Guardar
Exportar Cargar

Ilustración 33. Pantalla de cálculo del plan semanal

Esta pantalla funcionará de forma idéntica a la anterior, sólo que, en este caso con las ponderaciones y datos del plan semanal, así como la planificación mostrada, que será la de la pantalla de planificación trimestral.

Hay muchas más ponderaciones en este plan que en el anterior, así que para acceder a todas y que no ocupen demasiado espacio se permitirá hacer un scroll.

8.3.8 PANTALLA DE CÁLCULO DEL PLAN DIARIO

En esta pantalla es en la que se realiza el cálculo del plan diario. Como el plan diario sólo pertenece al grupo de control y emergencias no requiere de una pantalla previa de planificación diaria, tan solo una para encontrar una solución puntual, que puede ser guardada y consultada más adelante.

Las soluciones se guardarán, como viene siendo habitual, con el botón de guardado que encontramos en la parte inferior de la pantalla (Ilustración 34. Pantalla de cálculo del plan diario) y se podrá acceder a ellas mediante el botón de cargar, que además cargará el parte relacionado con esa ejecución del plan diario.

El parte se muestra en la parte derecha de la pantalla, con todos sus campos de la base de datos. A este podrán tener acceso los usuarios que se considere, siempre el coordinador y la junta directiva y los facilitadores responsables.

Diseño de un sistema automático de organización de trabajadores de capacidades diversas en puestos de trabajo para un Centro Especial de Empleo (Espurna CEE, SLU)

A la izquierda encontramos la solución mostrada para el día seleccionado mediante las flechas, y las ponderaciones necesarias para el plan (en este caso no hay datos porque el plan diario no requiere de datos externos para funcionar).

ESPURNA.ORG Plan Diario: Cálculo

02/09	
Aleix Moya Romero	Limpieza
Pau Vazquez Castillo	Revis
Elena Moya Lorenzo	Abliipam
Aya Ramos Martin	Capisa_1
Marti Ortiz Vega	Administración
Carla Alonso Hidalgo	Abliipam
Ariadna Jimenez Montero	Gabo_2
Unai Medina Cano	Capisa_1
Mar Medina Santos	Gabo_1
Jorge Mas Ibañez	Texam_2
Lidia Carmona Iglesias	Gabo_1
Darío Navarro Roman	Lepoh
Isaac Cano Ortiz	Administración
Isaac Cano Ortiz	Gabo_2

Parte	
Nombre	Baja Aleix
Responsable	Iván Caballero Vergas
Incidencia	Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit, sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua. Ut enim ad minim veniam, quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi ut aliquip ex ea commodo consequat. Duis aute irure dolor in reprehenderit in voluptate velit esse cillum dolore eu fugiat nulla pariatur. Excepteur sint occaecat cupidatat non proident, sunt in culpa qui officia deserunt mollit anim id est laborum.
Revisado	<input checked="" type="checkbox"/>

Ponderaciones	
Incumplir la demanda	3
Incumplir la ratio de facilitadores	1
Cambio de lugar de trabajo (trabajadores)	0.5
Cambio de lugar de trabajo (facilitadores)	0.5

Calcular Guardar Cargar

Ilustración 34. Pantalla de cálculo del plan diario

8.3.9 NAVEGACIÓN

Para navegar entre pantallas se dispone de un menú desplegable en la parte superior derecha de todas las pantallas. Este es un icono de menú que al clicarlo muestra la barra que se puede ver en la imagen *Ilustración 35. Navegación entre pantallas*.

En este menú se puede acceder a cualquiera de las anteriores pantallas clicando sobre ellas, y muestra la seleccionada resaltándola.

Diseño de un sistema automático de organización de trabajadores de capacidades diversas en puestos de trabajo para un Centro Especial de Empleo (Espurna CEE, SLU)

Trimestre	02/09-06/09	09/09-15/09	16/09-22/09	23/09-30/09	01/10-07/10	08/10-14/10	15/10-21/10	22/10-28/10	29/10-05/11
Aleix Moya Romero	Gabo_1	Mantenimiento	Mantenimiento	Capisa_2	Gabo_1	Gabo_1	Revis	Vacaciones	Va
Pau Vazquez Castillo	Abilpam	Revis	Revis	Mantenimiento	Mantenimiento	Gabo_1	Gabo_1	Revis	
Elena Moya Lorenzo	Abilpam	Abilpam	Abilpam	Abilpam	Abilpam	Abilpam	Abilpam	Abilpam	Tu
Aya Ramos Martin	Revis	Revis	Lepoh	Limpeza	Limpeza	Limpeza	Limpeza	Abilpam	Adm
Marti Orti Vega	Mantenimiento	Gabo_1	Abilpam	Abilpam	Abilpam	Lepoh	Abilpam	Abilpam	A
Carlo Alonso Hidalgo	Lepoh	Texam_1	Texam_1	Texam_1	Texam_1	Texam_1	Texam_1	Texam_1	Adm
Ariadna Jimenez Montero	Texam_1	Texam_2	Texam_2	Abilpam	Abilpam	Capisa_2	Capisa_2	Revis	Adm
Unai Medina Cano	Limpeza	Revis	Gabo_2	Revis	Administración	Texam_1	Revis	Revis	Tu
Mar Medina Santos	Gabo_1	Gabo_1	Capisa_1	Administración	Administración	Gabo_1	Gabo_1	Gabo_2	Tu
Jorge Mas Ibañez	Abilpam	Capisa_2	Capisa_2	Capisa_2	Capisa_2	Abilpam	Abilpam	Abilpam	Tu
Lidia Carmona Iglesias	Capisa_1	Capisa_1	Abilpam	Abilpam	Abilpam	Capisa_1	Capisa_2	Capisa_2	C
Dario Navarro Roman	Gabo_2	Capisa_2	Capisa_2	Capisa_2	Capisa_2	Revis	Limpeza	Limpeza	U
Isaac Cano Ortiz	Texam_2	Texam_2	Gabo_1	Capisa_2	Capisa_2	Capisa_2	Lepoh	Capisa_2	C
Isaac Cano Ortiz	Texam_2	Lepoh	Limpeza	Mantenimiento	Texam_2	Texam_2	Texam_2	Gabo_2	A
Ismael Gomez Lopez	Texam_1	Texam_1	Limpeza	Abilpam	Texam_2	Limpeza	Capisa_2	Vacaciones	Va
Luna Peña Torres	Gabo_2	Gabo_2	Gabo_2	Texam_1	Texam_1	Texam_1	Texam_2	Texam_2	C
Isaac Cano Ortiz	Abilpam	Abilpam	Abilpam	Revis	Gabo_1	Gabo_1	Gabo_1	Gabo_2	Tu
Juan Caballero Vargas	Abilpam	Abilpam	Abilpam	Abilpam	Abilpam	Limpeza	Texam_2	Capisa_2	C
Héctor Ortiz Saez	Gabo_2	Capisa_2	Capisa_2	Capisa_2	Administración	Mantenimiento	Mantenimiento	Capisa_1	Mant
Nuria Herrera Roman	Capisa_1	Texam_2	Texam_2	Capisa_1	Capisa_1	Capisa_1	Lepoh	Abilpam	Mant
Paola Casas Lorenzo	Texam_1	Limpeza	Limpeza	Gabo_1	Limpeza	Limpeza	Lepoh	Lepoh	U
Sofia Serra Roman	Capisa_1	Capisa_1	Capisa_1	Capisa_1	Limpeza	Texam_1	Texam_1	Limpeza	G
Nora Carmona Ruiz	Texam_1	Texam_1	Lepoh	Lepoh	Capisa_1	Capisa_1	Capisa_1	Texam_2	U
Joaquin Muñoz Medina	Texam_2	Texam_2	Texam_2	Texam_2	Capisa_1	Capisa_1	Capisa_1	Capisa_1	U
Yeray Delgado Iglesias	Gabo_1	Texam_2	Capisa_2	Capisa_2	Administración	Abilpam	Lepoh	Texam_1	U
Éric Font Herrera	Limpeza	Texam_1	Texam_1	Capisa_2	Capisa_2	Limpeza	Limpeza	Capisa_2	C
Roberto Sala Reyes	Mantenimiento	Mantenimiento	Mantenimiento	Mantenimiento	Mantenimiento	Revis	Revis	Revis	Mant
Marco Lopez Jimenez	Administración	Administración	Administración	Administración	Administración	Texam_2	Texam_2	Capisa_2	C
Alicia Roig Ramirez	Mantenimiento	Revis	Revis	Revis	Revis	Revis	Revis	Revis	C
Paula Blanco Diez	Gabo_2	Capisa_1	Gabo_2	Capisa_2	Lepoh	Lepoh	Limpeza	Limpeza	U
Manuel Nuñez Vega	Texam_1	Texam_1	Gabo_1	Lepoh	Administración	Limpeza	Limpeza	Texam_1	Tu
Alba Aguilar Montero	Texam_1	Texam_1	Texam_2	Capisa_1	Capisa_1	Gabo_2	Gabo_2	Gabo_2	G
Lorena Parra Gomez	Gabo_1	Gabo_1	Gabo_1	Capisa_1	Gabo_1	Texam_2	Limpeza	Lepoh	U
Lorena Navarro Medina	Abilpam	Capisa_1	Capisa_1	Administración	Administración	Capisa_1	Lepoh	Lepoh	U
Isaac Blanco Santos	Administración	Capisa_1	Capisa_1	Capisa_1	Capisa_1	Capisa_1	Texam_1	Texam_1	A
Samuel Fernandez Molina	Administración	Lepoh	Lepoh	Lepoh	Texam_1	Texam_1	Texam_1	Revis	U
Alba Pascual Hernandez	Gabo_2	Texam_1	Abilpam	Abilpam	Abilpam	Gabo_2	Gabo_2	Gabo_2	U

Ilustración 35. Navegación entre pantallas

8.4 CONCLUSIÓN

La conclusión más relevante de este capítulo es la magnitud del proyecto que se maneja. Como se puede ver, el crear un sistema de planificación y control de las operaciones funcional, junto con una herramienta que se adapte a la situación concreta de la fundación es un proyecto de un amplio alcance, por lo que muchas partes de este no van a poder quedar terminadas.

Esto no supone un problema mayúsculo, ya que se considera que la parte fundamental del trabajo es diseñar el proceso de manera detallada, y determinar la forma que deberán tener todas las partes de este, y no tanto el disponer de una herramienta funcional al 100%.

Por otra parte, resulta fundamental el funcionamiento coordinado de las herramientas manual y automática, ya que permite obtener todo lo bueno de la computación moderna y la informática sin renunciar a la fundamental intervención humana en la toma de decisiones.

Por último, resulta destacable la importancia de un buen diseño de interfaz de usuario para que las herramientas lleguen a usarse, para lo cual es fundamental un correcto diseño de las pantallas y una definición clara de sus funciones.

CAPÍTULO 9. PLAN DE IMPLANTACIÓN

9.1 INTRODUCCIÓN

En este capítulo se va a describir el plan de implantación del proyecto en la fundación. Este plan describe cómo se van a poner en marcha todos los procesos que engloban el nuevo sistema para asegurar que se implementan adecuadamente.

Para ello se describirá un plan de formación de los usuarios, un calendario de implantación y una ruta de seguimiento. El proyecto que se va a implementar depende en gran medida de un cambio en las funciones de los empleados, por lo que la parte fundamental, y a partir de la cual se construirán las demás será el plan de formación.

En el plan de formación se hará hincapié en los nuevos aspectos y funciones de los empleados, y cuál es la mejor manera de que las interioricen. Después se calendarizará para que queden claros los tiempos exactos donde deben darse las distintas fases de la formación y se establecerá un sistema para asegurar tanto que la formación se recibe adecuadamente como que no se va perdiendo con el tiempo hasta dejar de emplearse.

9.2 PLAN DE FORMACIÓN

La primera parte y fundamental para que el plan de implantación funcione adecuadamente es el plan de formación. En este se enumeran los distintos actores del proceso y las nuevas funciones que adquirirán cuando se implante el nuevo proceso, para posteriormente describir la metodología de enseñanza que se empleará para estas.

9.2.1 IMPLICADOS Y FUNCIONES

9.2.1.1 Dirección general

La dirección general aumenta su participación en el proceso en comparación con el anterior, además de estar implicada en el uso de la herramienta, por lo que va a requerir de una formación concienzuda en los siguientes ámbitos:

- **Funcionamiento global del proceso:** La dirección general no sólo gestiona y hace uso de gran parte del proceso, sino que es además la responsable de usar luego esa información para otras actividades del CEE como la planificación estratégica, por lo que es fundamental que comprenda todo el proceso a la perfección.
- **Gestión del nuevo sistema de control:** El nuevo sistema de control se basa en soluciones de emergencia y partes asociados a estas, que acaban en última instancia en la dirección, por lo que debe conocerlos bien.

- Conocimiento de la herramienta: Aunque el principal usuario de la herramienta es el coordinador, la dirección general participa en varios de los casos para encontrar una solución, por lo que resulta beneficioso un conocimiento tanto de la herramienta manual como de la herramienta automática y sus distintas ponderaciones.

9.2.1.2 Coordinador

El coordinador es el actor principal en muchos de los casos, por lo que también recibirá una formación extensa en los siguientes ámbitos:

- Funcionamiento global del proceso: El coordinador participa de manera muy activa en todos los casos de uso del sistema, y es el que introduce los datos en la base de datos en todos ellos también. Es vital que comprenda el flujo de información del proceso y las tareas que debe realizar cada implicado, ya que en muchas ocasiones dependerán de él.
- Gestión del nuevo sistema de control: Así como los partes acaban en la mayoría de las ocasiones en la dirección general, pasarán siempre por el coordinador. Es por esto por lo que debe tener también un conocimiento muy claro y concreto de cómo funcionan estas partes y quién ha de rellenarlos. Además, es el encargado de trasladar esa información a la base de datos y utilizarla posteriormente en otros planes.
- Conocimiento de la herramienta: El coordinador es el usuario principal de la herramienta y deberá poder emplearla para encontrar soluciones con agilidad. Asimismo, requiere ciertos conocimientos de cómo influyen las distintas ponderaciones o los cambios en criterios para poder hacer pruebas con distintos puntos de vista en la herramienta automática o tener más información a la hora de aceptar o rechazar reclamaciones de vacaciones.

9.2.1.3 Facilitadores

Por su parte los facilitadores no tienen una carga de nuevas funciones tan amplia como los dos anteriores grupos, pero también caben destacar algunos aspectos en los que se necesitará formarlos:

- Cierta conocimiento del proceso: Dependiendo de la situación, en ocasiones se requerirá una respuesta rápida por parte de los facilitadores o incluso reunirse inmediatamente con el coordinador. Por eso es necesario que conozcan los distintos casos de uso y cómo deben actuar en cada uno.
- Gestión de los partes: Uno de los cambios clave en el sistema de control es que ahora los coordinadores van a tener que rellenar partes en determinadas ocasiones. Deberán conocer los distintos tipos y cómo cumplimentarlos.
- Reclamación de vacaciones: Cuando es posible realizar una reclamación de las vacaciones la responsabilidad de esta suele recaer en los empleados, por lo que es necesario que conozcan los formalismos.

9.2.1.4 Usuarios

Los usuarios serán los que menos cambios reciban en cuanto a las funciones que deben realizar, y, aunque en determinadas situaciones requieran de acciones que hasta ahora no estaban haciendo normalmente recae en el facilitador correspondiente el coordinarlas. De todas formas, es beneficioso formarlos en los siguientes campos:

- Conocimiento básico del proceso: Para saber cuándo es posible que se requiera que cambien de puesto de trabajo o que se convoque una reunión general a la que deban acudir.
- Reclamación de vacaciones: Al igual que los facilitadores los usuarios tienen derecho a reclamar en caso de que se les fueran a negar unas vacaciones que hubieran pedido, por lo que deberán conocer este proceso.

9.2.2 METODOLOGÍA

Para la formación se propone una metodología progresiva que consiste en ir implantando las distintas partes del proyecto una a una, asegurándose que toda la formación requerida para esta ya está interiorizada antes de pasar a la siguiente. De esta manera se puede realizar también una estandarización progresiva de los procesos.

Las fases de implementación y formación se presentan a continuación ordenadas en función de su momento de implantación (las que antes se ejecutan primero):

- Curso de formación de dirección y coordinador (Fase 1): El primer consistirá en unas sesiones intensivas de información a los principales implicados en los planes. Estos cursos se centran en el proceso global y en el manejo de las herramientas manuales.
- Curso sobre el sistema de control (Fase 2): Se impartirá también unas clases en las que participarán los facilitadores además del coordinador y la dirección. En estas se explicará el sistema de control y emergencias diario y cómo se deben rellenar los partes.
- Implementación del sistema de control diario (Fase 3): Se comenzará implementando el sistema diario, de forma que el sistema se ponga en funcionamiento con una actividad relativamente simple y usando sólo la herramienta manual, pero teniendo a todos los implicados actuando y haciendo tareas del proyecto.
- Curso de la herramienta automática (Fase 4): Se explicará a coordinador y a la dirección general el funcionamiento de la herramienta automática y la base de datos.
- Mejora del sistema de control diario (Fase 5): Se comenzará a usar la herramienta automática en el control diario cuando sea necesario y se introducirán los datos en la base de datos cuando haya algún parte.
- Punto de control (Fase 6): Se hará una evaluación para asegurar que lo que se lleva hasta ahora está funcionando correctamente y en caso de que así sea poder pasar a la siguiente fase. También se hará un curso de repaso a coordinador y dirección sobre el plan semanal. Además, habrá una sesión de propuestas sobre de mejora sobre el proyecto.
- Implementación de los planes semanales (Fase 7): Se comenzará a ejecutar el plan semanal para tener la planificación de cada semana.
- Implementación de planes trimestrales (Fase 8): Se ejecutará el plan semanal para la planificación de todo el trimestre.
- Implementación final del plan semanal (Fase 9): Se terminarán de implementar todos los casos del plan semanal, lo que incluirá un importante cambio en el sistema de control ya que ahora no se limitará al plan diario, sino que se deberá reflejar en el semanal.
- Punto de control (Fase 10): Al igual que el anterior, evaluación, curso y sesión de propuestas.
- Implementación del plan anual (Fase 11): Se implementará el plan anual en su totalidad, tanto la parte de control como de planificación trimestral y anual.

Diseño de un sistema automático de organización de trabajadores de capacidades diversas en puestos de trabajo para un Centro Especial de Empleo (Espurna CEE, SLU)

- Evaluación final (Fase 12): Se comprobará que la implementación ha sido correcta y si así ha sido se dará por concluida la formación. En caso contrario se regresará a alguna de las fases anteriores. Se podrán realizar últimos retoques en el proyecto basados en las opiniones de los implicados.

9.3 CALENDARIO

Calendario de Implementación (semanal)															
1	Fase 1	2	Fase 1	3	Fase 2	4	Fase 2	5	Fase 3	6	Fase 3	7	Fase 3	8	
9	Fase 3	10	Fase 4	11	Fase 4	12	Fase 5	13	Fase 5	14	Fase 5	15	Fase 5	16	
17	Fase 6	18	Fase 7	19	Fase 7	20	Fase 7	21	Fase 7	22	Fase 8	23	Fase 9	24	
25	Fase 9	26	Fase 9	27	Fase 9	28	Fase 10	29	Fase 11	30	Fase 11	31	Fase 12	32	
33		34		35		36		37		38		39		40	
41		42		43		44		45		46		47		48	
49		50		51		52		53		54					

Tabla 29. Calendario de formación

El calendario de formación quedaría de la siguiente manera. En el momento en el que se implementa algún cambio importante se deja un mes entero de adaptación hasta pasar al siguiente, y los cursos se implantarán a lo largo de dos semanas.

Se pretende que todo el proyecto quede implantado como mucho en un año, y si todo marcha adecuadamente en ocho meses. Se dejan cuatro meses de margen por si es necesario en algún punto de control repetir alguna de las fases.

9.4 SEGUIMIENTO

El seguimiento de la implementación se divide en dos grandes partes: el seguimiento durante esta y el que se hace una vez la implementación ha terminado. Ambos son igualmente importantes y resulta vital definirlos correctamente para un buen funcionamiento del proyecto. Para la implantación se empleará un equipo externo a la fundación que da los cursos de formación y guía los pasos que hay que seguir para que se lleve adecuadamente, una vez terminada la fundación deberá continuar con el seguimiento por su cuenta.

El seguimiento durante el establecimiento del nuevo sistema se da principalmente, tal y cómo se ha definido en apartados anteriores, en los puntos de control a través de este. En estos puntos se determina si se está siguiendo la planificación y se están realizando las tareas correctamente. Es

también en esos puntos donde todos los implicados tienen la oportunidad de aportar sus impresiones e ideas y el proyecto sufrir alguna modificación.

A parte de esto deberá haber un encargado de supervisar el estado del plan de implantación día a día, para luego además transmitirlo al equipo externo encargado de implantarlo (aunque este recopilará información también de todos los empleados). Este encargado será la dirección general del centro, ya que es la responsable última de este.

Por otra parte, en el seguimiento tras la implementación también se basará en la dirección general como encargada de asegurar el buen funcionamiento y que el sistema no caiga en el desuso.

Como manera de facilitar esta tarea se emplearán las reuniones periódicas entre coordinador y la dirección general, que se realizan una vez por semana, en las cuales, aparte de realizar las tareas que correspondan, se podrá emplear uno de los puntos para una revisión del estado actual del sistema y de la calidad de su ejecución.

9.5 CONCLUSIÓN

La principal conclusión de este apartado es la necesidad de un plan de implantación para cada proyecto. En el momento en que se empieza a dividir el proyecto por todas las tareas que son necesarias para que este salga adelante, se puede comprobar que es mucho más complejo de lo que inicialmente parece, y que para una organización puede resultar muy complicado adoptarlo sin más de un día para otro.

En relación con esto también se ha de añadir que se ha escogido el sistema de plazos para asegurar una implementación duradera. Lo más complicado de este tipo de sistemas es siempre el mantener su uso, por eso se ha considerado razonable el proponer una implantación más a largo plazo, que, aunque suponga más tiempo, sea más duradera.

Por último, hay que destacar la importancia de la implicación de toda la organización en la ejecución del proyecto. Por muy definido que esté el plan o los plazos para llevarlo a cabo, sin una voluntad por parte de esta no se conseguirá llevar a buen puerto ninguna de las propuestas, todo nace de la cultura de la fundación.

CAPÍTULO 10. PRESUPUESTO

10.1 INTRODUCCIÓN

En este capítulo se desglosarán los gastos que supondría el implementar el proyecto, y de dónde vienen.

El presupuesto como se va a poder comprobar se compone de muy pocos ítems. Esto es porque el proyecto que se realiza está basado principalmente en un plan de cambio del modo de trabajo del centro especial de empleo, por lo que no habrá necesidad de adquirir ningún tipo de maquinaria u objeto, correspondiendo el importe íntegramente a mano de obra.

Por otra parte, los costes que se van a presentar corresponden a estimaciones realizadas para ingenieros senior. Esto hace que el precio sea más elevado de lo que podría ser si se emplean las herramientas de software ya fabricadas y se implanta el proyecto a través de la universidad (mediante este trabajo) haciéndolo mucho más asequible.

10.2 DESARROLLO DE LOS APARTADOS

Para poder establecer el presupuesto global del proyecto se va a dividir este en las correspondientes fases de la realización de este, determinando el número de horas y el coste para cada una de ellas.

Se ha considerado que el sueldo de un ingeniero senior costaría a la fundación alrededor de 100 € la hora en condiciones normales, en caso de que requiera desplazamientos o actividad extra como en la implementación se ha estimado 150 € la hora.

10.2.1 ANÁLISIS

Para el análisis se han requerido alrededor de 30 horas, que serán contabilizadas como horas de trabajo de un ingeniero senior a la hora de estimar el presupuesto.

10.2.2 DESARROLLO DEL SPCO

Esta es la parte principal del proyecto, y ha sido desarrollada en aproximadamente 150 horas, contabilizadas igualmente como horas de un único trabajador.

10.2.3 DESARROLLO DEL SOFTWARE

Se han estimado 150 horas de desarrollo de software, que sería lo correspondiente a tener una herramienta desde cero hasta estar absolutamente completa, con su apartado manual y el modelo

Diseño de un sistema automático de organización de trabajadores de capacidades diversas en puestos de trabajo para un Centro Especial de Empleo (Espurna CEE, SLU)

matemático implementado en la automática. Asimismo, se contemplan en estas horas las mejoras o cambios que se den en la herramienta durante la implementación.

10.2.4 IMPLEMENTACIÓN

Por otra parte, durante la implementación se ha considerado que se requerirán de dos personas para dar los cursos (unas 10 horas semanales cada curso) y realizar el seguimiento mediante los puntos de control y la evaluación, que suma todo ello hasta aproximadamente 100 horas.

10.3 PRESUPUESTO DESGLOSADO

Concepto	Unidades	Precio Unitario (€/unidad)	Coste (€)
Análisis	30 h	100	3000
Desarrollo del SPCO	150 h	100	15000
Desarrollo del software	300 h	100	15000
Implementación	100 h	150	15000
Coste total			48000

Tabla 30. Presupuesto

10.4 CONCLUSIÓN

El presupuesto resulta escueto, pero no demasiado barato. Es muy complicado que la fundación Espurna realice una inversión de este calibre en un proyecto como este, por lo que para poder implementarlo se podrán emplear otras vías que no sea el recurrir a ingenieros senior para el trabajo.

CAPÍTULO 11. CONCLUSIÓN

El proyecto presentado se puede afirmar que cumple con los objetivos marcados inicialmente. A través de un análisis de la problemática del CEE se ha podido aislar el que se consideraba su problema principal y se ha generado un sistema que define un nuevo modelo de organización para acabar con este, así como la herramienta que lo apoya y todos sus componentes necesarios.

Por otra parte, la magnitud del proyecto seleccionado para este trabajo de fin de máster es de una amplitud mucho mayor de la que se puede abarcar en este, lo que ha provocado que se tengan que simplificar aspectos, que quedarían en líneas de trabajo futuras o en acciones externas a realizar.

Estas simplificaciones se han realizado en las tareas menos propias o adecuadas para un máster en Ingeniería Industrial, como pueden ser el desarrollo de la herramienta informática web o la profundización en algoritmos más y más complejos para tratar de encontrar una solución mejor que la que se ha dado.

No obstante, si se hace un balance de los puntos positivos con los negativos del proyecto se puede afirmar que el resultado es positivo, pudiendo aportar a la fundación Espurna un material que les sea útil en sus labores.

Por último, hay que mencionar que el autor también se ha visto beneficiado ampliamente por la realización de este trabajo, ya que le ha permitido poner en práctica los conocimientos adquiridos durante toda su formación y ampliarlos aplicándolos de manera práctica a un proyecto de esta magnitud.

CAPÍTULO 12. BIBLIOGRAFÍA

- *Jose Pedro García Sabater. Cómo estructurar una tesina de fin de máster. Disponible en <http://jpgarcia.webs.upv.es/?page_id=34>.*
- *Jose Perdo García Sabater. Consejos para la escritura de proyectos, tesis y trabajos de investigación. Disponible en <<https://riunet.upv.es/handle/10251/18355>>*
- *Espurna. Página web de la fundación Espurna. Disponible en <<http://www.espurna.org/>>*
- *Opus dei. Artículo sobre la fundación Espurna. Disponible en <<https://opusdei.org/es-es/article/fundacion-espurna/>>*
- *Bizagi. Página web de la interfaz de modelado de sistemas Bizagi. Disponible en <<https://www.bizagi.com/es>>*
- *GLPK (GNU Linear Programming Kit). Disponible en <<https://www.gnu.org/software/glpk/>>.*
- *GUSEK. Página web y documentación de GUSEK. Disponible en <<http://gusek.sourceforge.net/gusek.html>>.*
- *Python. Página web del lenguaje Python. Disponible en <<https://www.python.org/>>.*
- *Optimization with PuLP. Documentación sobre la librería PuLP de Python. Disponible en <<https://pythonhosted.org/PuLP/>>.*
- *Jose Pedro García Sabater, Julien Maheut. Libro sobre programación matemática. Disponible en <https://poliformat.upv.es/access/content/group/DOC_33746_2018/MCOI_1840_Libro%20de%20Programaci%C3%B3n%20Matematica.pdf>.*