

Este documento se cita como

Garcia-Sabater, Jose P. (2020)  
 Complejidad e Incertidumbre en Gestión de Operaciones y Logística. Nota Técnica  
 RIUNET Repositorio UPV  
<http://hdl.handle.net/10251/148367>

## COMPLEJIDAD E INCERTIDUMBRE EN GOL

### Contenido

Complejidad e Incertidumbre en GOL.....	1
VUCA ( <i>Volatile, Uncertain, Complex, Ambiguous</i> ) .....	1
Volatilidad.....	3
Ambigüedad.....	3
Incertidumbre.....	4
Complejidad.....	5
El efecto combinado de la complejidad y la incertidumbre.....	7
¿Y tú dónde trabajas?.....	8
Caos en Dirección de Operaciones.....	9
Viviendo en la Frontera del caos .....	10
Hacia territorios de mayor eficiencia .....	11
Reducir la Complejidad.....	12
Gestionar la complejidad.....	13
Absorber la Incertidumbre .....	14
Reducir la Incertidumbre.....	14
La evolución de los sistemas industriales.....	16
BIBLIOGRAFÍA .....	18

### VUCA (*VOLATILE, UNCERTAIN, COMPLEX, AMBIGUOUS*)

Nada hay que moleste más a un ingeniero que tener que tomar una decisión sin conocer el impacto de la misma. Y eso sería difícil si fuera posible.

## Complejidad e Incertidumbre en GOL

El mundo en el que toma las decisiones la empresa del siglo XXI es un mundo VUCA (Volátil, Incierto, Complejo y Ambiguo).



Ilustración 1: Entornos VUCA

Un entorno ambiguo es aquel en el que el significado de los eventos o las expresiones no está claro. Es posible que no esté claro porque aún se está llegando al consenso o porque se prefiere no comunicar la información que clarificaría la situación.

Se puede calificar como Volátil el entorno que está cambiando continuamente y que su cambio es muy poco predecible. La volatilidad cuantitativa es poco relevante (es más bien un tipo de incertidumbre), la que realmente hace daño es la volatilidad cualitativa la que hace cambiar el escenario completamente y en muchos casos de manera impredecible.

Se puede denominar Complejo a un entorno con muchos y variados elementos, relacionados entre sí con relaciones lineales o no lineales... Un director de operaciones vive en un entorno complejo siempre, la cuestión es cómo de complejo es. Hay complejidad con la que hay que trabajar *¿qué remedio?*, pero también hay complejidad provocada por modos de trabajar que no quieren ser abandonados.

Se puede denominar Incierto a un entorno donde existiendo información esta no está disponible con una fiabilidad del 100% (*vamos cualquier entorno*). La incertidumbre puede afectar a los datos, pero también a las relaciones entre estos y las variables, y a la relación de las variables entre sí.

De estas cuatro características interesan al director de Operaciones fundamentalmente dos: la Complejidad y la Incertidumbre.



## Complejidad e Incertidumbre en GOL

De resolver la volatilidad y la ambigüedad se debieran encargar los que lidian con el mundo exterior: tanto financieros como comerciales. Pero a veces no la resuelven simplemente la transmiten.

Eso no quiere decir que la Volatilidad y la Ambigüedad no formen parte de la vida del Director de Operaciones. Desafortunadamente habrá que ayudarles, porque al final la fábrica no puede ser ambigua ni volátil, y esas decisiones que toman los de operaciones. Así que tendrán que ayudarles a convertirlas convertir la volatilidad y la ambigüedad en forma de distribuciones de probabilidad, escenarios y alternativas: Transformando la Volatilidad y la Ambigüedad en Complejidad e Incertidumbre.

### **VOLATILIDAD**

De los cuatro elementos VUCA probablemente el que peor lleva un director de Operaciones es la volatilidad. La volatilidad hace referencia a los cambios en el entorno que no son predictibles (si fueran predictibles formarían parte de la complejidad).

En otros entornos empresariales la volatilidad puede ser más o menos difícil de manejar, pero en la función Operaciones la volatilidad tiene efectos peligrosos en tanto que la clave de las operaciones son los recursos, y estos son difícilmente reconvertibles y reasignables.

La volatilidad puede ser cuantitativa o cualitativa. La cuantitativa se puede transformar en incertidumbre (si se cuantifica) via definición de variabilidad o de escenarios posibles.

La volatilidad cualitativa siendo muy importante para la supervivencia de la organización es un quebradero de cabeza para el director de operaciones que suele manejar recursos fijos difícilmente sustituibles. La volatilidad se puede convertir en miedo a la inversión en bienes tangibles (recursos físicos) lo que redundará en entornos muy complejos de manejar.

### **AMBIGÜEDAD**

La ambigüedad tiene que ver con la turbiedad en la definición de la realidad actual o de los requerimientos y objetivos perseguidos. Dicha ambigüedad se suele esconder detrás de palabras y frases polivalentes (y generalmente grandilocuentes) muy utilizadas en el politiqués.

La confusión deliberada o no, entre causas y efectos y el uso de palabras contenedoras de conceptos no claramente definidos definen una situación ambigua en la que el ingeniero se suele sentir muy incómodo.

Pero también se puede esconder detrás de cantidades enormes de información de la que no se puede extraer información relevante, por ejemplo al analizar datos acerca del pasado que no permiten anticipar el futuro ("*conducir mirando el retrovisor*").



## Complejidad e Incertidumbre en GOL

Se encuentra ambigüedad cuando el servicio o producto que va a recibir el cliente no está definido puesto que el cliente tampoco sabe exactamente qué va a recibir y por tanto no ha expresado su opinión.

Se da ambigüedad también cuando los datos sobre la situación interna no es que tengan una cierta incertidumbre, sino que de hecho ni siquiera se conoce un valor aproximado puesto que nadie se había planteado que ese medible existía.

En entornos industriales donde ni el problema está claro ni desde luego el objetivo o los medios el único modo de avanzar es precipitar soluciones que pongan a los decisores en la situación de expresar qué quieren (generalmente lo quieren todo) y qué están dispuestos a pagar.

Una manera de manejar la ambigüedad es precipitar soluciones, aun sabiendo que no se van a ajustar a lo que está en la cabeza de la otra parte. Al ver plasmado de manera incorrecta su figuración mental, el afectado resolverá contradicciones, definirá aquellos aspectos que presentan más distorsión, o al menos debatirá sin dar más y más vueltas sobre el mismo punto.

### INCERTIDUMBRE

Se puede definir la incertidumbre de un sistema como las características del mismo que dificultan la toma de decisiones porque es difícil conocer el valor de los datos o garantizar el cumplimiento exacto de las decisiones tomadas.

Lo que más suele sorprender a un alumno de ingeniería al entrar en el mundo profesional es la ausencia de datos.

Pero que no haya datos no es la peor de las situaciones. Hay una situación peor, que los datos existan y todos los den por buenos. Lo habitual es que no sea cierto. Casi en el 100% los datos para ese nuevo problema no son confiables (pero pueden parecerlo).

Serán inciertos (con diferente nivel de incertidumbre) los datos ligados a:

- Los niveles de inventario
- El cumplimiento de las órdenes
- El rendimiento de las máquinas
- La Disponibilidad de Máquinas
- Los tiempos de entrega
- Los tiempos de operación
- Los problemas de calidad
- La fiabilidad de las entregas
- La estimación de la demanda.



## Complejidad e Incertidumbre en GOL

La información fiable es cara de mantener actualizada y pocas veces es realmente útil tener una precisión del 100% en todos y cada uno de los datos.

Por ello, para hacer más eficiente un sistema se suele dejar que su incertidumbre crezca hasta alcanzar un nivel en el límite de lo soportable.

¿Cuál es el límite de lo soportable? Cuando las decisiones que se toman (con los datos disponibles) no tienen los efectos esperados la falta de datos o la escasa fiabilidad de los mismos se convierte en un problema.

En general, cuando alguien accede a un sistema por primera vez se sorprende de la falta de fiabilidad de los datos. Sin embargo, es lo esperable.

La posibilidad de que un dato en un sistema informático coincida con la realidad física en cada momento es muy baja. Pero es que además sería caro y probablemente inútil mejorar la fiabilidad (Cortés-Fibla, Vidal-Carreras and García-Sabater, 2015) si el sistema funciona suficientemente bien.

Antes de plantearse el problema de la incertidumbre sería bueno saber cómo de bien o mal funciona y si dicho mal comportamiento tiene algo que ver con la incertidumbre en los datos. Los datos no son la realidad. Son sólo datos. Datos que sirven para lo que sirven en cada momento, y que cuestan de conseguir y más de mantener actualizados.

### COMPLEJIDAD

Se puede definir la complejidad de un sistema como la característica del mismo que dificulta la toma de decisiones porque es difícil anticipar el efecto de las mismas, aunque se dispusiera de todos los datos de manera explícita y cierto. (Yates, 1978) define que un sistema complejo es aquel que tiene al menos uno de los siguientes atributos.

1. Número elevado de elementos
2. Número elevado de conexiones entre los elementos
3. No linealidad en las relaciones
4. Simetría Rota
5. Restricciones No-holomónicas

A continuación, se va a utilizar el esquema anterior para poner de manifiesto las fuentes de complejidad en un sistema de operaciones.

A mayor complejidad más dificultad para predecir el resultado de las decisiones. Y para cualquier persona que no sea un ludópata, más dificultad en la toma de decisiones.



## Complejidad e Incertidumbre en GOL

El número de productos y el número de procesos es lo que habitualmente se reconoce como complejidad. Pero no sólo el número es relevante. También lo es la dimensionalidad de los conjuntos. Dicho de una manera sencilla: los 10 productos que maneja la empresa son todos similares o algunos tienen una demanda constante y otros estacional. Las 5 máquinas que tenemos son las iguales o son cada una diferente de las demás. Cuanto mayor el número más complejidad, cuanto mayor la dimensionalidad, mayor la complejidad (Coronado-Hernández and García-Sabater, 2017).

Menos nombradas (y más relevantes) es el efecto de las conexiones entre los elementos de un conjunto y entre conjuntos. Por ejemplo, los productos se relacionan entre sí a través de las listas de materiales, pero también a través de una máquina compartida que no tenga un gran exceso de capacidad, o a través de un *buffer* con limitación de capacidad, que además conecta entre sí diferentes máquinas.

La no linealidad de las relaciones se expresa por ejemplo a través de demandas variables en el tiempo, o cuando la composición de la lista de materiales depende de la humedad relativa. Pero también son no lineales, las relaciones binarias como las que se producen en la lista de materiales, o el crecimiento no lineal de las colas en función de la saturación de las máquinas. Y desde luego son no lineales los sistemas informáticos con complejos procedimientos de cálculo (Cortes-Fibla, Vidal-Carreras and García-Sabater, 2016).

La asimetría temporal y la no holonomía son conceptos muy difíciles que escapan del objeto de este documento (y probablemente de la capacidad de comprensión del sujeto que lo escribió). Alguien explicó que en Dirección de Operaciones hay muchas maneras de hacer lo mismo, pero prácticamente ninguna de deshacer lo hecho, que eso es simetría rota y holonomía. Y que eso incrementa la complejidad del sistema.

En cualquier caso, lo bien cierto es que de manera natural la complejidad crece en cualquier sistema. Y más cuando se busca mejorar su eficiencia. Un sistema más eficiente es más complejo, pero las decisiones tienen efectos no esperados.

Sintetizando se puede decir que son *drivers* de complejidad los siguientes:

- Número de Productos, Máquinas, Recursos disponibles
- Número de componentes y de niveles en la lista de materiales
- Dimensionalidad de Productos, Máquinas, Recursos
- Nivel de Saturación de los cuellos de botella
- Disponibilidad y distancia hasta las holguras de capacidad.
- Tasas de Nacimiento/Muerte de Productos
- Carácter Dinámico de la Demanda, de disponibilidad de MP y recursos
- Caducidad y Obsolescencia de productos, materias primas y semielaborados



## Complejidad e Incertidumbre en GOL

- Tamaño de los Plazos de Entrega (de proveedores, a clientes)
- Limitación en los Niveles de Stock
- Falta de Polivalencia Operarios
- Productos sustitutos y direccionalidad de la sustitución
- Alternativas de ejecución y simetría de las alternativas
- Tamaño Geográfico de la Red, Número de Instalaciones
- Número de Reglas de Decisión equivalentes
- Existencia Herramientas de Toma de Decisión Automática

Cualquier director de operaciones se sentirá identificado con toda la lista. La reacción clásica ante esa lista es decir: *“en mi empresa hay de todo eso y más”*.

Lógico. Gracias a ello los directivos tienen trabajo. Sin complejidad no haríamos falta los seres humanos, ya lo harían todos los macros de Excel.

El crecimiento en la complejidad de un sistema en ocasiones es el resultado de decisiones aparentemente inocuas y no relacionadas con el sistema de operaciones sino con la propia relación con los clientes.

En otras ocasiones la complejidad crece como una exigencia del mercado que exige un sistema más eficiente (en ocasiones una exigencia autoimpuesta).

El problema aparece cuando el crecimiento de alguno de esos factores se combina con otro(s) haciendo que el sistema entre en situación de continua emergencia. Emergencia en el sentido clásico de tiempo (urgencia) y también en el sentido de surgimiento (situaciones nuevas no previstas ni previsibles).

### EL EFECTO COMBINADO DE LA COMPLEJIDAD Y LA INCERTIDUMBRE

La complejidad se combina con la incertidumbre para generar “caos”. En matemática la teoría del caos estudia los sistemas no lineales que son muy sensibles a las condiciones iniciales. Pequeñas variaciones en dichas condiciones (variaciones en los datos disponibles) pueden implicar grandes diferencias en la trayectoria del sistema. Por ello es muy difícil si no imposible predecir el comportamiento del sistema, aunque hubiera sido posible en el caso de conocer todos los datos de partida.

A mayor complejidad el efecto de la misma incertidumbre es mayor para hacer impredecible el resultado de la decisión.

Esa combinación de complejidad e incertidumbre que mantiene al Director de Operaciones, al jefe de Producción todo el tiempo ocupado en un sistema que evoluciona a través de pequeños y continuos parches es la que se puede denominar frontera del caos.



## Complejidad e Incertidumbre en GOL

Cada organización (en realidad cada persona) es capaz de soportar un cierto nivel de complejidad combinado con un cierto nivel de incertidumbre.

### ¿Y TÚ DÓNDE TRABAJAS?

Si se pudiera (que no se puede) dividir el espectro entre alta y baja complejidad y alta baja incertidumbre, quedarían 4 entornos de trabajo para una persona que se desempeña en operaciones.

En un entorno de baja incertidumbre y baja complejidad en realidad no hay un trabajo que realizar. Si se sabe lo que hay que hacer, se dispone de datos fiables para hacerlo y es sencillo de hacer, en breve lo hará un robot o una macro de Excel.



Ilustración 2: Modelo AEIO del trabajo según la Complejidad y la Incertidumbre del entorno

Los entornos de alta incertidumbre y baja complejidad exigen habilidades mentales, métodos de trabajo e incluso actitudes personales particulares. Los cálculos no son complicados, pero es difícil disponer de datos suficientes para tomar la decisión correcta, así que lo que hay que saber es a aceptar el error en la decisión, que es lo esperable (el error).

En los entornos de alta complejidad y baja incertidumbre se dispone de los datos (aproximados suficientemente) y la toma de decisiones es una cuestión de procesar adecuadamente los mismos, computando las relaciones (más o menos conocidas) para saber en qué quedará todo con el paso del tiempo.

Es el lugar habitual de trabajo de la gente de operaciones en las empresas muy organizadas, donde todo se conoce y todo es razonablemente predecible.

En Dirección de Operaciones, sin embargo, lo habitual es encontrarse en un lugar complejo y con una alta incertidumbre en el que aparecen emergencias que además son urgentes y se deben resolver inmediatamente sin disponer de la información suficiente.

El lugar en el que habita un gerente de operaciones, un encargado de producción, un director de logística, está casi siempre en el límite de lo soportable (con mucha



This obra by Jose P. Garcia-Sabater is licensed under a Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 3.0 Unported License.

Complejidad e Incertidumbre  
<http://hdl.handle.net/10251/148367>  
 ROGLE - UPV



## Complejidad e Incertidumbre en GOL

frecuencia entra en situación de pánico, pero con trabajo y dedicación llegará a casa cansado pero satisfecho de haber sobrevivido un día más sin llegar a tocar el infierno.

### CAOS EN DIRECCIÓN DE OPERACIONES

El infierno tiene muchas formas. Una de ellas es una fábrica con trabajadores parados mientras las órdenes no salen, teléfonos con clientes quejándose de que no se les entregan los productos mientras las máquinas están fabricando cosas que no son necesarias, almacenes llenos de productos llenos de polvo mientras los sistemas informáticos muestran stock nulo (o incluso negativo) para muchos otros productos (un nivel inferior de infierno es cuando el mismo producto que está lleno de polvo es el que muestra stock negativo).

El caos en una fábrica se muestra cuando los trabajadores se han de quedar horas extra pese a que tienen una productividad bajísima durante las horas de trabajo, retrasos en las entregas de productos pese a que los plazos que se prometieron estaban más que hinchados, y los indicadores señalan una ocupación de máquinas menor del 50%.

En ocasiones hay calma en el caos, pero eso no significa que se han resuelto los problemas, la calma es sólo una muestra más del propio caos, las tormentas siempre preceden a la calma, y la calma a las tormentas.

Por ello en muchas empresas el director de operaciones (jefe de producción, encargado de almacén) tiene más bien un aspecto de bombero apagando fuegos que un ingeniero planificando el futuro.

El descenso al infierno tiene poca pendiente y no es, en absoluto, doloroso. Es más bien placentero.

Poco a poco el sistema va teniendo cada vez menos capacidad extra, poco a poco el catálogo de productos crece, poco a poco se dejan de utilizar estándares, la propia capacidad extra permite que los trabajadores sobre produzcan si les interesa o inviertan más tiempo del previsto en hacer el cambio de partida. Los stocks crecen (poco a poco) y la fábrica se va llenando de material, para alegría de todos que ven como se incrementan los movimientos.

Con más material en el sistema los movimientos de producto son cada vez más costosos y más impredecibles. Con más impredecibilidad en el acopio de materiales las máquinas ociosas lo parecen menos porque están esperando que lleguen útiles, piezas o trabajadores... Que se mueven de aquí para allá en un frenesí digno de mejor objetivo.

*“muy ocupados en no hacer nada” (San Pablo)*

Los primeros fuegos se apagan con algunos trucos que el entorno entiende como muestras de la inteligencia del encargado (utilizar otro componente, cambiar el programa de producción, contarle una historia al cliente, utilizar unas horas extras no planificadas...). Poco a poco esos fuegos adquieren una cierta estabilidad y el sistema



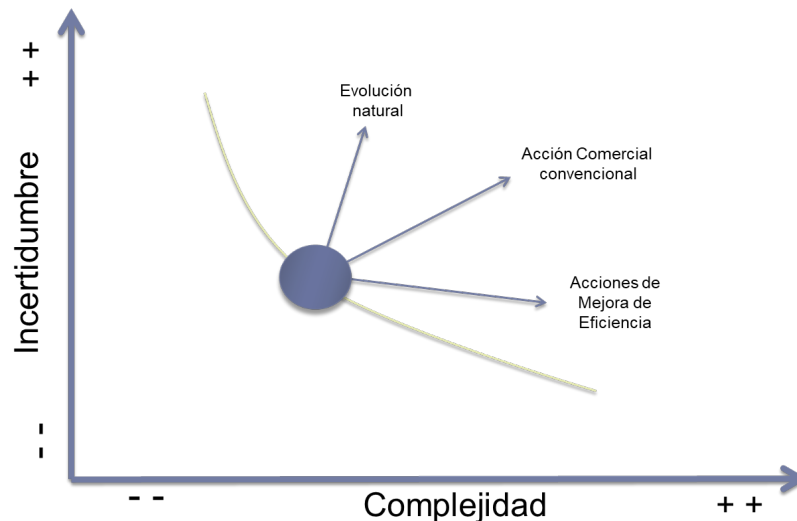
## Complejidad e Incertidumbre en GOL

aprende a prender sin alarmarse, y a apagar sin que se note quien paga. Y ya todos son imprescindibles.

*“Tengo una mala noticia, no fue de casualidad  
yo quería que nos pasara y tú lo dejaste pasar” (Calamaro)*

### VIVIENDO EN LA FRONTERA DEL CAOS

Los sistemas complejos no son estáticos sino que co-evolucionan con el entorno. Pero los sistemas libremente evolucionan hacia niveles mayores de complejidad e incertidumbre. Así que aquello que era soportable ayer deja de serlo hoy. Y entonces hay que aprender a reducir y/o gestionar la complejidad, y/o reducir y/o gestionar la incertidumbre.



*Ilustración 3: Adentrándose en territorio de Caos*

La evolución natural de las cosas lleva a un crecimiento de la incertidumbre. Disponer de información cuesta dinero, y si no es estrictamente imprescindible la calidad de los datos disponibles se deteriora (bien porque evoluciona la realidad, bien porque empeora la disciplina en la captura de información), la falta de tensión y la necesaria flexibilidad lleva a permitir que los trabajadores de menor nivel tomen decisiones que no necesariamente son conocidas.

En la medida en la que la empresa es capaz de soportar una determinada cartera de clientes y productos es esperable que el departamento comercial incorpore nuevos productos y nuevos clientes, haciendo crecer la complejidad y también la incertidumbre.



This obra by Jose P. Garcia-Sabater is licensed under a Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 3.0 Unported License.

Complejidad e Incertidumbre

<http://hdl.handle.net/10251/148367>

ROGLE - UPV

## Complejidad e Incertidumbre en GOL

Y al estar en una situación razonablemente confortable es posible que el director de operaciones se aventure en el territorio de la mejora de la eficiencia que suele llevar aparejado el crecimiento de la complejidad.

Así que un sistema que estaba en equilibrio se adentra peligrosamente en el territorio estimulante de los pequeños incendios diarios.

### HACIA TERRITORIOS DE MAYOR EFICIENCIA

Si en lugar de dejar que el sistema evolucione libremente se actúa sobre él para hacerlo más eficaz y eficiente en el logro de sus objetivos, éste debe avanzar por la senda del incremento de complejidad que exige previamente la reducción de la incertidumbre.

Esa decisión (la de avanzar hacia territorios de mayor eficiencia) a veces se toma cuando se cambia al director de operaciones para que dé un salto adelante en un sistema en el que ya era imposible tomar decisiones conociendo el efecto de las mismas. Y generalmente se toma la decisión de cambiar al director de operaciones cuando la incapacidad de prever el efecto de las decisiones es tal que el sistema se queda bloqueado.

Se puede salir de la situación de caos reduciendo la complejidad (trayendo proveedores más cerca, reduciendo el catálogo de productos, enfocando fábricas...)

Se puede también salir de la situación de caos reduciendo la incertidumbre (incorporando sistemas de control, estableciendo hojas estándar de trabajo...)

Absorber incertidumbre (incrementando los stocks de seguridad, adquiriendo más capacidad...) es otra estrategia adecuada.

En algunas ocasiones se trata de salir de esa situación de caos incorporando más complejidad al sistema. Es lo que se hace cuando se incorpora un nuevo sistema informático al universo de sistemas de la empresa.

Evidentemente cuando se incorpora más complejidad al sistema, sin haber reducido antes la incertidumbre, se lanza al sistema más dentro del caos, por ello primero se trata de reducir incertidumbre (preparar los datos, clarificar los procesos...) antes de implantar nuevos y sofisticados sistemas que permitirán dar un salto adelante.



## Complejidad e Incertidumbre en GOL

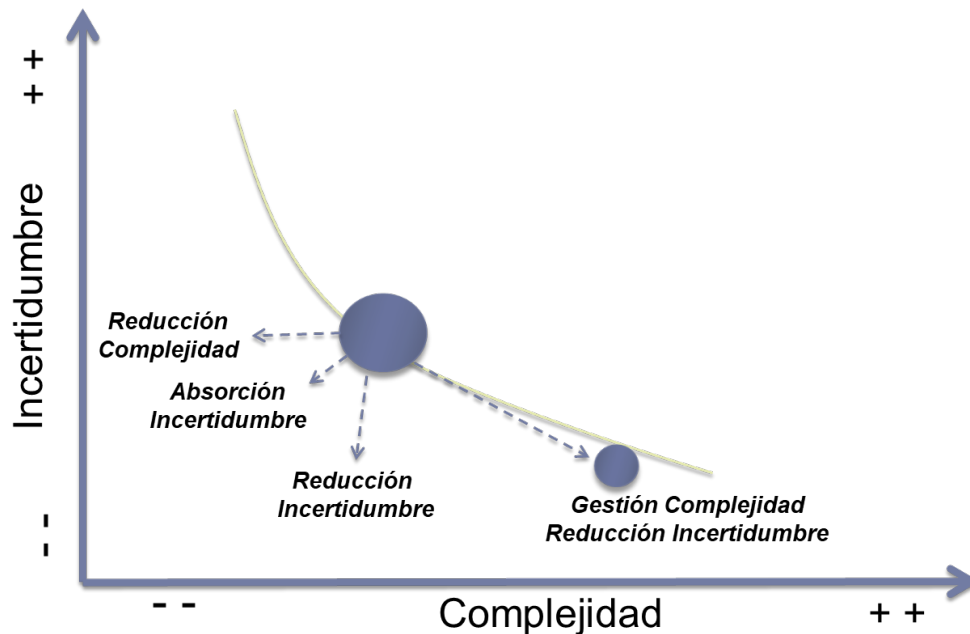


Ilustración 4: Navegando en la frontera

Aunque siempre en la frontera del caos (más que nada porque reducir la incertidumbre cuesta dinero y habría que justificar el exceso de inversión).

### REDUCIR LA COMPLEJIDAD

Observando la lista de posibles fuentes de complejidad citadas en apartados anteriores se puede tratar de establecer un listado de modos de reducir la complejidad.

Las actividades de actualización de catálogo no sólo pueden implicar reducir el número de productos sino también llevar a separar fábricas (fábricas enfocadas, tecnología de grupos).

La reducción de la saturación de las máquinas reduce la complejidad de un sistema, al relajar la vinculación entre diferentes productos que requieran el mismo recurso. Incorporar la posibilidad de hacer horas extra es un modo de reducir la saturación. Es evidente que eso es caro, más barato es tener una jornada flexible (aunque generalmente es más compleja de gestionar).

Reducir el tiempo de cambio de partida reduce la saturación de las máquinas y por tanto reduce la complejidad. Pero también reduce el mismo tipo de complejidad trabajar con lotes grandes (siempre que se disponga de suficiente espacio, porque la limitación de espacio es también una fuente de complejidad).

Alisar la demanda (*heijunka*) reduce la complejidad pues reduce el componente dinámico de la demanda. Acciones como eliminar las ofertas o gestionar la demanda redundan generalmente en una mejora del rendimiento del sistema.



## *Complejidad e Incertidumbre en GOL*

Estandarizar productos y procesos, y comunicar dicha estandarización reduce la complejidad en la gestión del sistema.

Dado que hay varios tipos de complejidad determinadas decisiones pueden no reducir la complejidad sino de hecho incrementarla (o más bien reducir un tipo de complejidad a costa de incrementar otro tipo de complejidad).

Reducir el número de proveedores, reduce la complejidad. Reducirlos a uno, aumenta la complejidad.

Acercar los proveedores (en tiempo no en distancia) reduce la complejidad, integrar a los proveedores en la organización incrementa la complejidad del que los gestiona.

Reducir el número de componentes reduce una cierta complejidad. Usar el mismo componente en diferentes productos, puede incrementar la complejidad pues incorpora más relaciones entre productos que exigen una planificación más difícil.

Incrementar la multifuncionalidad de los trabajadores reduce un cierto tipo de complejidad pero gestionar dicha multifuncionalidad es más complejo.

### **GESTIONAR LA COMPLEJIDAD**

En general gestionar la complejidad suele llevar asociado sistemas de información más sofisticados, que requieren más datos y toman más decisiones de manera autónoma.

Las pequeñas empresas que comienzan a crecer ven como las Excel comienzan a proliferar para tomar decisiones de todo tipo. Hojas de Cálculo que generalmente están desconectadas y que generan la sensación de complejidad. Hojas de Cálculo que parecen poco profesionales pero que facilitan de manera descentralizada la toma de decisiones.

Las grandes empresas que llevan años con un sistema ERP centralizados ven como las Excel comienzan a proliferar para tomar decisiones de todo tipo. Hojas de Cálculo que generalmente están desconectadas y que generan la sensación de complejidad. Hojas de Cálculo que parecen poco profesionales pero que facilitan de manera descentralizada la toma de decisiones.

Y cada cierto hay que comprar un ERP más grande que incluya todo y disminuya la aparente complejidad del proceso de toma de decisiones.

La implantación de un MRP permite gestionar una mayor complejidad en el catálogo de productos y en el aprovisionamiento de materiales pero evidentemente necesita una de mayor certidumbre en la calidad de los datos (BOM, MPS, Inventarios).

Un WMS que gestione los almacenes tienen una cantidad enorme de módulos que preferiblemente se deben incorporar poco a poco.

Las herramientas de programación de operaciones (secuencias, horarios y calendarios) permiten gestionar sistemas de alta saturación pero sus decisiones no son generalmente



## *Complejidad e Incertidumbre en GOL*

intuitivas, y exigen niveles muy bajos de incertidumbre, por ejemplo informatizando datos que de otro modo ni siquiera se capturarían

Formar al trabajador (especialmente con Training Within Industry) no solo reduce la incertidumbre, sino que puede permitir al trabajador tomar decisiones de modo autónomo.

Automatizar las operaciones permite reducir la incertidumbre en la operación, realizar operaciones más complicadas, exige contratar personal más cualificado y puede permitir avanzar en territorios de mayor complejidad.

Disponer de herramientas de simulación es otra herramienta de gestión de complejidad pues permite visualizar el efecto de las alternativas y facilitar la toma de decisiones.

### **ABSORBER LA INCERTIDUMBRE**

Dos son los modos básicos de manejar de la incertidumbre. Absorber o Reducir.

Absorber la incertidumbre suele exigir invertir en recursos adicionales y con costes evidentes. Evidentes porque son necesarios pero evidentes también porque todo el foco está puesto en ellos.

Trabajar los productos con mucha anticipación (generando plazos de entrega anormalmente altos) permite estar tranquilo ante problemas de capacidad y de calidad.

Disponer de capacidad extra de un 30% en todos los recursos permite absorber variabilidades elevadas en la demanda y en los ritmos de producción. Pero la atención se dirigirá necesariamente a ese 30% extra (obviando que sin ella puede parar toda la instalación o retrasarse demasiado en la atención al cliente).

Tener niveles altos de stocks de seguridad en los productos permite (por su propia definición) trabajar con herramientas de previsión no muy acertadas.

Tener una red de proveedores amplia incrementa la complejidad, pero disponer de proveedores alternativos reduce la incertidumbre en la disponibilidad de productos.

Disponer de una red amplia de subcontratistas que poder utilizar en el caso de que la demanda crezca por encima de la capacidad permite trabajar tranquilo sabiendo que la demanda siempre se podrá suministrar.

### **REDUCIR LA INCERTIDUMBRE**

Reducir la incertidumbre, mejorar la calidad de los datos y de las previsiones se convierte en necesario a medida que el sistema se vuelve más complejo.



## *Complejidad e Incertidumbre en GOL*

Se puede reducir la incertidumbre creando hojas de trabajo estándar, instalando un MES o haciendo una mejor previsión de la demanda....

En algunas ocasiones la reducción de incertidumbre pasa simplemente por salir a planta a capturar datos. Algunas empresas contratan estudios de simulación con el único objetivo de que alguien externo capture los datos explícitos que son necesarios para tomar decisiones.

Reducir la incertidumbre puede ser muy costoso para algunas personas y absolutamente imprescindible para otras (a estos últimos se les suele tachar de “cabezas cuadradas” o “estructurados” mientras que las primeras suelen ser consideradas “dejadas” o “flexibles”).

La reducción de la incertidumbre puede tener un enfoque patológico que se da habitualmente entre la gente que llega a las operaciones desde el mundo de las finanzas. En el mundo de las finanzas todos los datos y todas las transacciones son correctas (o debieran serlo bajo pena de cometer un delito fiscal).

### *Pesar al cerdo no lo engorda*

Disponer de todos los datos todo el tiempo no es necesariamente la mejor opción. Es de hecho una opción cara. Y probablemente para salir de la situación de caos basta con poner (y actualizar) un panel visual al lado del trabajador que se rellena por el método palote. Ya informatizaremos el método palote más adelante cuando sepamos que es necesario.

En ocasiones la duplicidad y la inconsistencia de datos se convierte en endémica. En esos casos, una solución habitualmente considerada es comprar un sistema caro y alemán.

### *¿qué es SAP? Ningú ho sap.*

Como el sistema es informático y lo implementan alemanes, toda la empresa confía que resolverá la inconsistencia de datos porque eliminará duplicidades (no mejora necesariamente la calidad del dato, pero por lo menos es único), agilizará los procesos y probablemente limpie también los cristales de las ventanas.

Tras el titánico esfuerzo (monetario y de tiempo) que requiere una implantación de un nuevo ERP, cabría preguntarse qué porcentaje de ese tiempo y ese dinero hubiera hecho falta para mejorar la calidad de los datos con casi el mismo resultado, si simplemente se hubiera hecho el esfuerzo de mejorar la disciplina que sólo se hizo al comprar el software alemán. La respuesta es casi inmediata: sin la compra de ese software nadie hubiera hecho el esfuerzo, empezando por el empresario que esperaría que los datos mejoraran por arte de magia.



## Complejidad e Incertidumbre en GOL

Otros sistemas que cada vez se utilizan más para reducir la incertidumbre en Operaciones son los MES. ceden al dato en su fuente (la máquina), y por ello ahora es conocido un dato que previamente no lo era.

Pero como no todo en la empresa está automatizado al mismo nivel es necesario que, de vez en cuando el operador, justifique la parada de la máquina. Momento en el que debe decidir si echarse la culpa a sí mismo, echarle la culpa a un compañero, echarle la culpa a la materia prima, poner una explicación en la que la culpa es de Murphy, o simplemente escribir en el comentario “*me he ido a hacerme un café*” sabiendo que todos esos datos no los va a leer nadie.

Y para completar el triángulo, gastarse unas cuantas decenas de miles de euros en herramientas de previsión de demanda o de planificación de producción, ayudará también a reducir la incertidumbre del sistema. Lástima que la gente de comercial se empeñe en decir que los clientes no se comportan como estaba previsto.

Reducir la incertidumbre exige sistemas, pero sobre todo exige disciplina en el uso de sistemas. Pero como *lo que no tiene precio no se aprecia*, da la impresión de que pagar mucho dinero por algo muy poco flexible, es el mejor camino para realizar un cambio cultural que discipline en la adquisición de datos.

### LA EVOLUCIÓN DE LOS SISTEMAS INDUSTRIALES

El número de herramientas de las que dispone el director de operaciones para transformar la empresa que gestiona es muy amplio.

Y cualquiera de ellas implica modificaciones en términos de

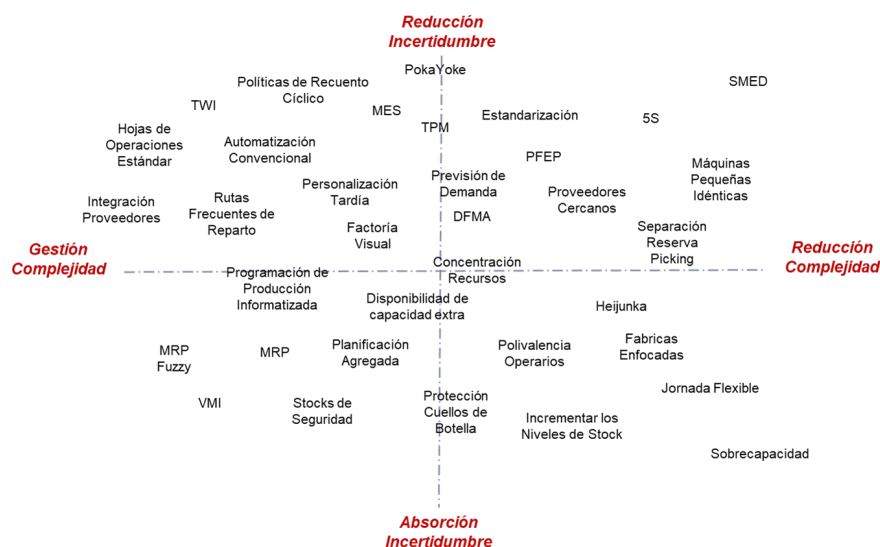


Ilustración 5: Una clasificación basada en Complejidad e Incertidumbre de algunas herramientas de Dirección de Operaciones



This obra by Jose P. Garcia-Sabater is licensed under a Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 3.0 Unported License.

Complejidad e Incertidumbre

<http://hdl.handle.net/10251/148367>

ROGLE - UPV



## Complejidad e Incertidumbre en GOL

El uso (bueno o malo) de las herramientas condicionará la siguiente posición en la evolución de la empresa. La biología evolutiva aplicada a las operaciones permitiría explicar a posteriori como se llegó aquí.

E incluso alguien podrá vender cual es el camino correcto que debiera haber sido seguido.

*Todas las familias felices se parecen, cada familia infeliz lo es a su manera (Tolstoi)*

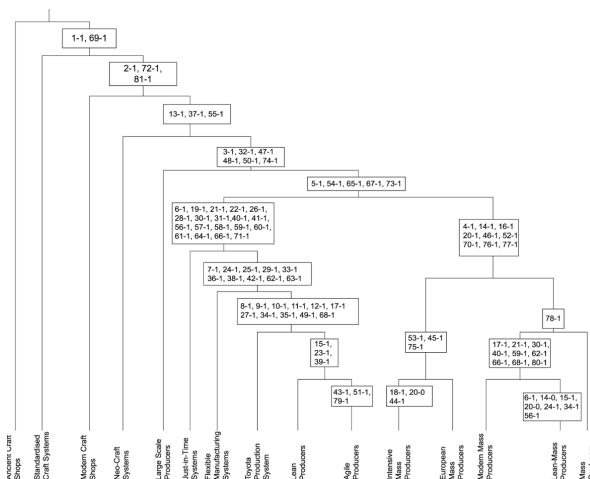


Ilustración 6: Cladística del Automóvil (Fuente: (Leseure, 2002)

En la evolución de la empresa el nivel de incertidumbre se irá reduciendo mientras el nivel de complejidad irá creciendo.

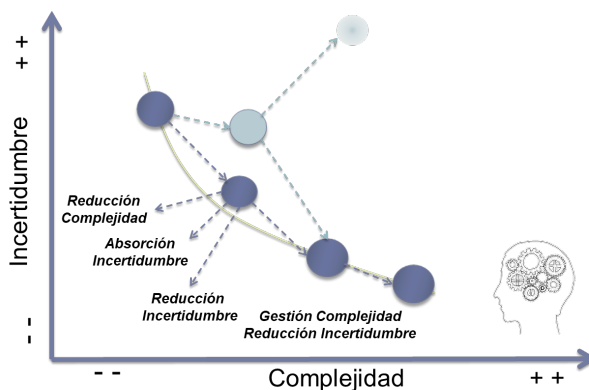


Ilustración 7: La evolución inteligente requiere cada vez más inteligencia

A medida que las empresas (las industrias) evolucionan la cantidad de inteligencia necesaria para gestionarla es mayor porque las decisiones son cada vez más complejas y requieren más incertidumbre. Es, quizá por ello, que en las empresas con ingenieros cada vez tienen más ingenieros. Aunque igual es simplemente que estos se reproducen en las condiciones adecuadas.



This obra by Jose P. Garcia-Sabater is licensed under a Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 3.0 Unported License.

Complejidad e Incertidumbre  
<http://hdl.handle.net/10251/148367>  
ROGLE - UPV

### BIBLIOGRAFÍA

Coronado-Hernández, J. R. and García-Sabater, J. P. (2017) 'Supply chain complexity: Classification, drivers and metrics', *Espacios*, 38(31).

Cortes-Fibla, R., Vidal-Carreras, P. I. and García-Sabater, J. P. (2016) 'Considering the effect of demand diversity on the performance of different production strategies for the Economic Lot Scheduling Problem', in *Proceedings of 2015 International Conference on Industrial Engineering and Systems Management, IEEE IESM 2015*. doi: 10.1109/IESM.2015.7380320.

Cortés-Fibla, R., Vidal-Carreras, P. I. and García-Sabater, J. P. (2015) 'On the influence of number of items and utilization on the performance of solution strategies for the economic lot scheduling problem', *Direccion y Organizacion*, 56.

Leseure, M. J. (2002) 'Cladistics as historiography: part I—introduction to cladistics', *Management Decision*. MCB UP Ltd.

Yates, F. E. (1978) 'Complexity and the limits to knowledge', *American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology*, 235(5), pp. R201–R204. doi: 10.1152/ajpregu.1978.235.5.R201.

