



Proyecto Fin de Carrera

**“Simulación de la nueva
distribución de líneas de
Johnson Controls”**

**Desarrollado por :
Benoît LANUSSE**

**Bajo la tutoría de:
Carlos Andrés Romano
Profesor en la Universidad
Politécnica de Valencia**

INTRODUCCIÓN

Este documento, no se trata sólo de un informe que significa el punto final de mi Proyecto Fin de Carrera. Lo considero como un documento de trabajo que marca una etapa en el proyecto de desarrollo de un modelo de simulación para Johnson Controls. En efecto, no sólo es el fin de mi participación sino también el de la construcción del modelo y el principio de las experimentaciones.

Por eso, parecía importante hacer el balance del progreso, de las decisiones y de los conocimientos que tenemos del modelo. Esto no sólo está destinado a mi sucesor sino también a cada participante del proyecto. Las numerosas horas pasadas trabajando con el modelo me han permitido tener un gran conocimiento de este pero no conozco bien el sistema industrial. Para otros, es lo contrario. Pienso que es esencial acercar las dos visiones para entendernos mejor y estar seguro de que seguimos desarrollando el proyecto correctamente.

En la descripción del modelo, intento aclarar todos los cambios hechos y los procesos utilizados. Algunas veces, son pequeños detalles pero ya me di cuenta que uno puede cambiar totalmente el comportamiento del modelo entero con pequeñas modificaciones. En la parte siguiente, resumo el estado de las investigaciones sobre la regla de asignación antes de la reunión el 14 de diciembre. La redacción de este informe me permitió destacar nuevas orientaciones que presento a continuación. Por último, me parecía interesante acabar con un resumen del desarrollo del proyecto.

Sumario

Introducción.....	2
I- Presentación del proyecto	5
1. Las empresas	5
a- Ford	5
b- Johnson Controls	5
2. El sistema de producción.....	6
a- Una relación muy estrecha.....	6
b- Dos líneas en Ford, una en Johnson Controls.....	6
c- Asientos y balancinas.....	6
d- Descripción del sistema productivo en Johnson Controls.....	7
3. Objetivo	7
4. Organización del proyecto.....	7
II- Descripción del modelo.....	9
1. Análisis.....	9
a- Hipótesis de trabajo	9
b- Hipótesis de simulación.....	9
2. Funcionamiento general.....	10
3. Las diferentes partes del modelo.....	10
a- Línea de las balancinas.....	11
b- Línea de Trim A.....	13
c- Línea de Trim B.....	14
d- Línea de producción de Ford.....	14
e- Datos registrados.....	15
III- La regla de asignación.....	17
1. Dos funciones.....	17
2. ¿Regla simple o compleja?.....	17
3. Criterios de corrección utilizados.....	18
IV- Nuevas orientaciones.....	19
1. Problemas con la antigua regla.....	19
a- Nuevos experimentos.....	19
b- Descripción de los experimentos.....	19
c- Resultados	19
2. Experimentación de nuevas reglas.....	20
a- Nuevas orientaciones.....	20
b- Resultados.....	21
3. Otros comentarios generales sobre el funcionamiento del modelo.....	23

V- Desarrollo del proyecto	24
1. Histórico del proyecto	24
2. Manera de simular y consecuencias	25
3. Balance de la gestión de proyecto	25
4. Sugerencias para la continuación	25
Conclusión	27
Anexos	28
A- Documentos de Johnson Controls.	28
B- Documentos sobre el modelo.	29
C- Informes.....	30
D- Documentos para el experimentador.	31

I- Presentación del proyecto

1. Las empresas

a- Ford

Ford es el segundo productor mundial de coches.

Desde 1976, tiene una factoría completa en Almussafes cerca de Valencia (a unos veinte kilómetros) donde produce algunos de sus modelos. Ahí, la marca emplea directamente unos 8 500 (en 1998) trabajadores y construye más de 550 000 coches, es decir unos 1 600 cada día.



b- Johnson Controls

Especializado desde su creación en los sistemas de control de edificios, el grupo entró en el mercado automovilístico sólo a partir de los años setenta. Desde este tiempo, mediante una serie de compras, se convirtió en uno de los mayores proveedores mundiales de los constructores de automóviles.

Produce asientos, revestimientos interiores de puertas y techos, paneles de mandos, instrumentos de control del automóvil y consolas de interiores.

Entre sus clientes se encuentran: BMW, Daimler-Chrysler, Ford, General Motors, Honda, Mazda, Mitsubishi, Nissan, Renault, Rover, Toyota y Volkswagen.

2. El sistema de producción

a- Una relación muy estrecha.

En Almussafes, las dos empresas trabajan en una estrecha colaboración. Como los otros proveedores, JC ha tenido que instalarse en el perímetro de Ford (a Km. cero). Esto es resultado de las nuevas técnicas de gestión de empresas como son: “Kaizen”, “Just In Time”. De esta manera, los proveedores abastecen los productos necesarios a la producción que se requiere en cada momento por medio de túneles, eliminando las existencias.

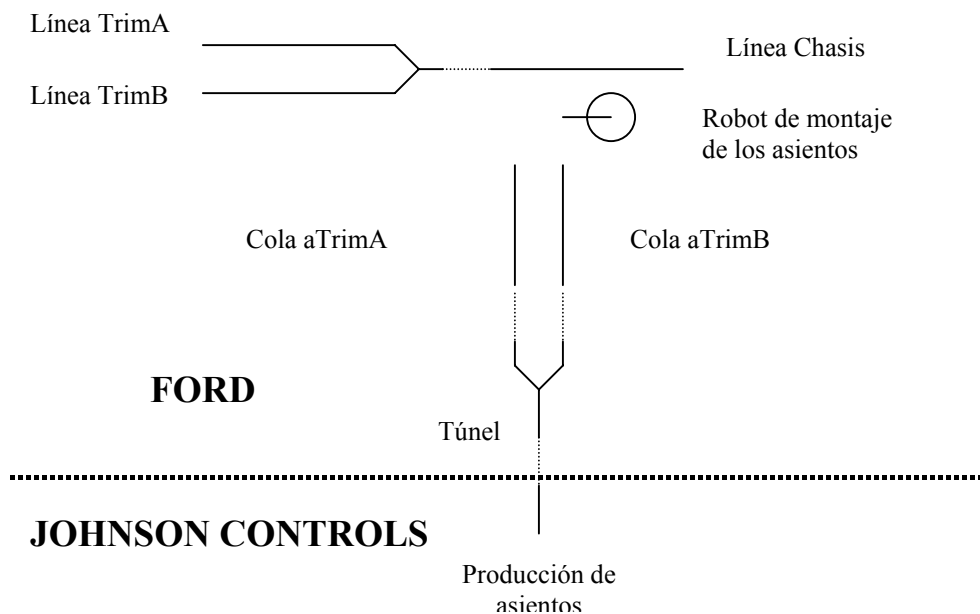
Así, los asientos vienen directamente de la fabrica de JC hasta las líneas de producción pasando por dentro de un túnel que las conecta.

b- Dos líneas en Ford, una en JC.

Ford tiene dos líneas de premontajes iniciales (“TrimA” y “TrimB”) que uniéndose antes el robot que añade los asientos a los coches crean una secuencia compleja.

El sistema productivo de JC se compone por el momento de una única línea. Es sólo al llegar a Ford que los asientos se separan en A y B.

Por eso, la sincronización necesaria condiciona el modo de funcionamiento a la hora de realizar el envío de asientos a Ford. Para respetarla, Johnson Controls recibe ficheros diciéndole lo que debe de producir.

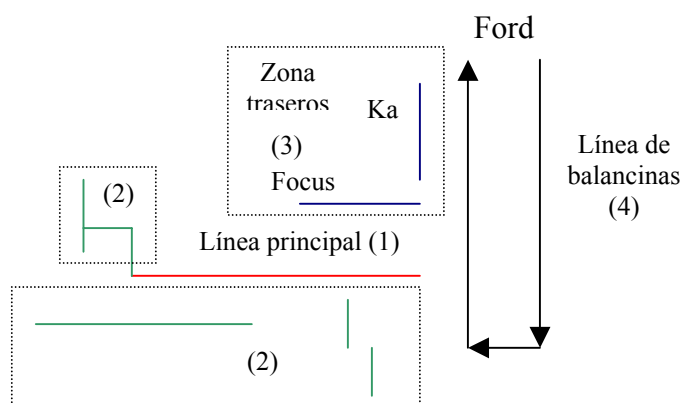


c- Asientos y balancinas.

Por cada coche se necesitan (normalmente) cuatro asientos: dos delanteros y dos traseros. Son cargados en dos balancinas en JC (los izquierdos y los derechos) y transportados hasta Ford.

d- Descripción del sistema productivo en JC.

Como se puede ver en el esquema, los delanteros y los traseros son producidos separadamente. En la línea principal (1), se montan todos los delanteros a partir de elementos que vienen a veces de líneas secundarias (2). Al contrario, hay una línea diferente para los traseros de cada modelo (3). Los asientos son cargados en la línea de balancinas (4) hasta la línea de Ford.



Para más detalles, mirar los dos informes siguientes situados en anexo: “Casuística en el proceso de secuenciación de asientos desde Johnson Controls” y “Descripción del producto y proceso de Johnson Controls”.

3. El objetivo

Ford queriendo aumentar las capacidades de sus cadenas, exige a Johnson Controls que sean capaz de seguir alimentándole aunque la producción de coches varíe en cantidad y modelos. Por eso, se estudia la posibilidad de añadir una segunda línea de producción de asientos, cada una siendo dedicada a uno de los Trim.

Para anticipar los posibles problemas, la empresa deseaba la implantación de un modelo de simulación que permitiera evaluar las diferentes propuestas que se vayan desarrollando.

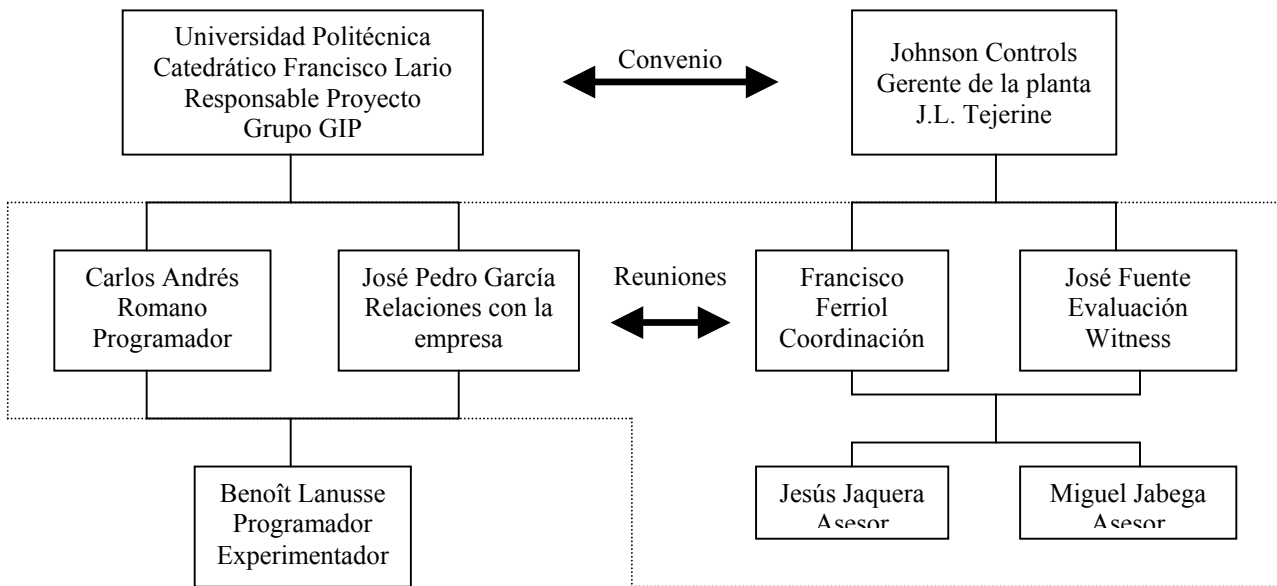
Se decidió realizar el modelo con el programa Witness 9.3. Después de su validación, un periodo de análisis permitirá probar su comportamiento frente a diversos escenarios y requerimientos.

4. Organización del proyecto

La realización de este programa fue confiado al Grupo de Gestión e Ingeniería de Producción (GIP) de la Universidad Politécnica de Valencia.

Fue integrado a esto durante mi proyecto Fin de Carrera bajo la tutoría del profesor D. Carlos Andrés, profesor del departamento de Gestión de Empresas.

El organigrama del proyecto es el siguiente.



II- Descripción del modelo.

1. Análisis.

a- Hipótesis de trabajo

✓ *Tiempo de experimento*

Los experimentos simulan días de trabajo de dos o tres turnos. Un turno dura 27 600 segundos. Dado que el modelo necesita 2000 s. de simulación para llenar los almacenes y empezar a funcionar, los tiempos de experimento utilizados han sido 57500 por dos turnos y 84800 por tres.

✓ *Tiempos de ciclo y averías.*

Las hipótesis de trabajo han sido:

Dos turnos. Tiempo de ciclo en líneas de delanteros A y B de 25 segundos por asiento (50 segundos por coche) y tiempo medio entre averías negativa exponencial de media 5520 con una duración de la avería de distribución normal de media 108 y desviación típica de 25. Tiempo de ciclo en línea de asientos de Ford $25 \cdot 1.03$ s. por coche y tiempo medio entre averías negativa exponencial de media 1800 con una duración de la avería de distribución normal de media 70 y desviación típica de 10-

Tres turnos. 84800 s. de simulación. Tiempo de ciclo en líneas de delanteros A y B de 33.5 segundos por asiento (67 segundos por coche) y tiempo medio entre averías negativa exponencial de media 5520 con una duración de la avería de distribución normal de media 108 y desviación típica de 25. Tiempo de ciclo en línea de asientos de Ford $33 \cdot 1.03$ s. por coche, y tiempo medio entre averías negativa exponencial de media 1800 con una duración de la avería de distribución normal de media 70 y desviación típica de 10-

Esto toma en cuenta que:

- Ford quiere producir 2000 coches por día
- Ford previene 4% de avería en sus líneas
- JC 3%. Su repartición resulta de los datos comunicados sobre las paradas en el sistema actual (mirar en anexo)

b- Hipótesis de simulación

El elemento central de la simulación es la línea de balancinas. Consideramos que las líneas de producción no tienen problemas salvo las averías decididas.

Además, las líneas de traseros alimentan el sistema sin problema.

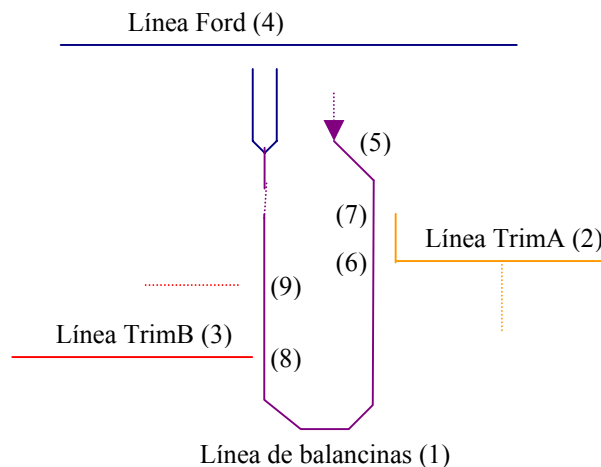
No nos preocupamos de simular la correspondencia entre el tipo de los coches y de los asientos ensamblados. Dada su experiencia, consideramos que Johnson Controls produce lo necesario en el momento oportuno.

Suponemos que hay balancinas en número suficiente, pues no las simulamos realmente. Desaparecen después del robot de ensamblaje en Ford (no representamos su vuelta hasta JC) y aparecen nuevas al principio de la línea de balancinas en la fabrica de JC.

Comentario: sobre el último punto, mirar el párrafo II-3-a.

2. Funcionamiento general.

Con la adición de una nueva línea, el sistema está constituido por cuatro líneas diferentes: la de las balancinas (1), las de producción de los asientos de Trim A (2) y Trim B (3) y la de Ford (4).



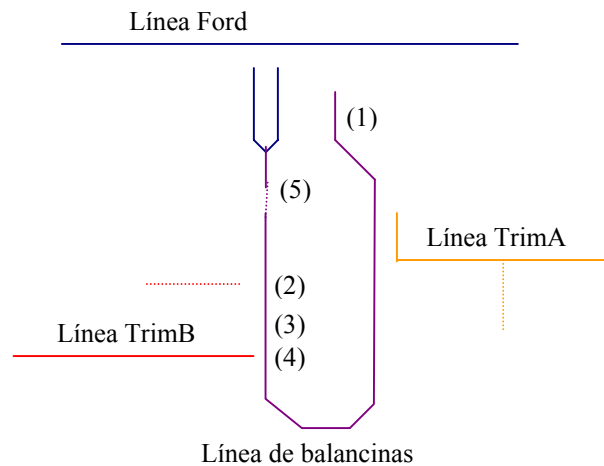
Ahora que tenemos dos líneas principales, una regla (leer el III) es necesaria para asignar las balancinas. Esto ocurre cuando lleguen en “llegada1” (5). Pues si son asignadas a Trim A, se cargan en “Carga_TrimA” (6) y “antcarg1” (7), en otro caso lo hacen en “cargadelanteros” (8) y “cargatraseros” (9).

Hay que notar que se trata de dos procesos diferentes. En efecto, al llegar los asientos en la línea de las balancinas desde la línea de Trim A, ya están reunidos los delanteros con los traseros. Así en “Carga_TrimA” (6) se cargan los asientos delanteros y traseros izquierdos y, en “antcarg1” (7), los derechos. Mientras que para los asientos de Trim B, no pasa así: todos los delanteros son cargados en “cargadelanteros” (8) y todos los traseros después en “cargatraseros” (9). Veremos después que esto implica problemas diferentes.

3. Las diferentes partes del modelo.

En este párrafo, vamos a presentar más detalladamente las diferentes líneas del modelo. La descripción de sus elementos permitirá poner de relieve unas características importantes del modelo. Indicaremos también los datos que recuperamos durante y después de los experimentos.

a- Línea de las balancinas.



✓ *La variable frena_balancinas.*

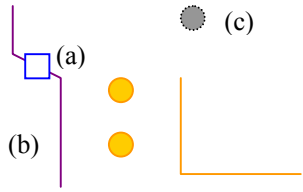
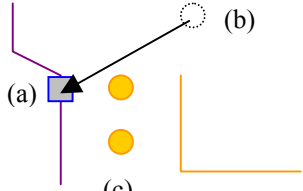
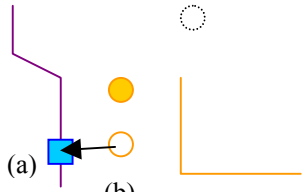
En Johnson Controls, el número de balancinas es limitado. Para tomar en cuenta esto, la frecuencia de llegada de ellas, representada en el tiempo de ciclo de “entredabalan1” (1), aumenta si ya hay más de noventa balancinas en las colas “aTrimA” y “aTrimB”. Esto puede parecer excesivo, pero parece funcionar, el número total de balancinas en nuestro modelo (variable “contabalan”) quedando en niveles aceptables(mirar el IV-3).

✓ *La carga de asientos.*

La carga es representada por maquinas de ensamblaje que unen una balancina con otro elemento. En efecto, como las balancinas pasan por unas maquinas donde no deben cargar teóricamente, les cargamos con piezas ficticias. En la simulación, las maquinas reciben las piezas a ensamblar de dos orígenes diferentes. Una es el elemento previo de la línea de las balancinas, el otro es, si se debe cargar, la maquina donde está el asiento, o el buffer “auxiliar” de piezas ficticias en el caso contrario. Para indicar eso, el sitio de origen de la pieza a unir con la balancina está escrito en una variable (“orige4”, “orige5”, ...) en el elemento previo de la línea.

Este tipo de operación ocurre también en la línea Trim A para reunir los traseros con los delanteros y en la línea de Ford para coger los asientos adecuados.

Ejemplo:

<p>Etapa 1: Una balancina llega en “llegada1” (a) y es asignada a los asientos izquierdos de TrimA. Entonces debe estar cargada en “Carga_TrimA” (b). Otra acción: Orige4= auxiliar (c)</p>	
<p>Etapa 2: En “antcarg1” (a), la balancina recibe una pieza ficticia del elemento “Orige4#” es decir del buffer “auxiliar” (b). Otra acción: Orige5= Carga_delantero_trimA (c)</p>	
<p>Etapa 3: En “Carga_TrimA” (a), se carga los asientos que esperaban en el elemento “Orige5#” que corresponde a “Carga_delantero_trimA” (b)</p>	

✓ *Tiempo de ciclo de “cargatraseros” (2).*

Si la balancina está asignada a Trim B, debe cargarse un trasero en “cargatraseros” (2), en caso contrario debe pasar rápidamente. Por eso, el tiempo de ciclo de esta maquina está contenida en una variable “ciclo_trimB_trasero” que cambia de valor con las balancinas (tres o quince segundos).

✓ *Tiempo de ciclo máximo.*

Para una balancina Trim A, el tiempo de ciclo máximo ocurre en la grabación (“grabación” (3)). Pues cuando una serie de estas balancinas pasan por ahí, una parte de la línea tiene el mismo tiempo de ciclo.

Para una balancina B, el cuello de botella aparece en la maquina “cargatraseros” (2) (treinta segundos por pareja) o en “cargadelanteros” (4) que tiene un tiempo de ciclo efectivo más importante que los siete segundos teóricos. Además de la maquina “grabación”, esto se explica por la estructura de la línea Trim B (mirar después). En estas razones interviene un principio importante: el tiempo de ciclo teórico para los asientos de un mismo coche.

✓ *Tiempo de ciclo teórico para los asientos de un mismo coche.*

Existe una gran diferencia entre el tiempo de producción de los asientos (cincuenta segundos) en dos líneas y el tiempo de ciclo por balancinas de la línea de balancinas (sólo veinticinco). Esto implica que el tiempo de carga no estar muy diferente del tiempo de ciclo de balancinas. Esta transición se produce en las maquinas de carga y los últimos elementos de las líneas principales. Veremos que esto tiene muchas consecuencias.

✓ *Tiempo entre la asignación de una balancina y su descarga en Ford.*

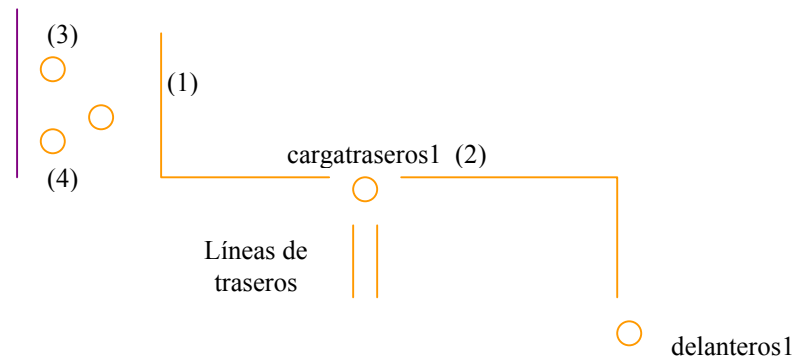
Le cuesta mucho tiempo a la balancina antes de llegar a Ford:

- más de 100 segundos en Johnson Controls si no tiene que esperar por cualquier problema
- más de 270 segundos en el “buffer_antes_ford” que representa el túnel (5)
- más de 195 segundos para llegar al fin de la cola en Ford

Esto implica:

- la sincronización es muy importante
- un problema se resuelve siempre con retraso
- se pueden crear fenómenos elásticos si intentamos compensar demasiado una cola débil

b- Línea de Trim A.



✓ *Transportadores.*

Esta línea se caracteriza por el número y el tamaño de sus transportadores. Esto permite tener una cola de seguridad pero a los nuevos asientos les cuesta más tiempo para llegar.

Destacar que el último transportador (1) es fijo y por lo tanto es diferente a los otros que funcionan con cola.

✓ *La carga de los traseros en “cargatraseros1” (2).*

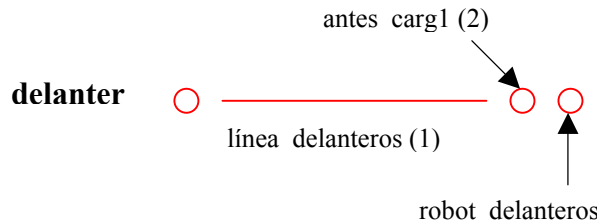
Como decíamos, utilizamos el mismo procedimiento para la carga de los traseros que en la línea de balancinas (mirar arriba).

En esta línea, la carga de los traseros no es un cuello de botella porque se necesitan treinta segundos cuando tenemos cincuenta.

✓ *Tiempo de espera para tener asientos disponibles.*

Tener una cola permite cargar nuevos asientos cada veintidós segundos (maquinas “carga_trasero_trimA” (3) y “carga_delantero_trimA” (4)). La cola se vacía un poquito cuando llegan balancinas A y se llena cuando pasan las otras.

c- Línea de Trim B.



✓ *Un funcionamiento diferente.*

A causa de su estructura, esta línea funciona un poquito diferente a la otra. Esto viene del pequeño tamaño del transportador “línea_delanteros”(1) que no permite tener una cola de seguridad. ¡Pues cuando se debe cargar una serie de asientos, podemos pasar de diez/catorce segundos entre los asientos a veinticinco (tiempo de producción) aunque se necesitan dos asientos por coche! Las series de gran tamaño son entonces peligrosas.

Por eso, mismo si por el momento, con las modificaciones hechas, el sistema funciona bien, esta parte es muy sensible a las paradas, series largas, etc....

✓ *Modificaciones realizadas.*

Como vimos, el funcionamiento de la línea ha cambiado: se cargan los asientos en serie pues al modificar las características del transportador, mejoramos la velocidad de la línea (como en la línea A).

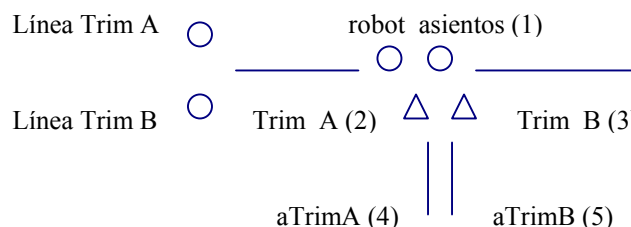
Además ha cambiado también el tipo del transportador (de fijo a con cola) para favorecer la formación de una cola. En el caso previo podían quedar huecos en esto cuando la línea de producción (“delanteros”) estaba bloqueada por un asiento en el fin del transportador.

Ahora es la maquina “antes_carg1” (2) la que coge el asiento en “línea_delanteros” y no el transportador que lo empuja. Esto elimina un tiempo de ciclo suplementario.

✓ *La variable cont_asientos(2).*

Esto sirve sólo para garantizar que los dos asientos de una misma pareja sean del mismo tipo y por lo tanto, tenga el mismo icono.

d- La línea de producción de Ford.



✓ *Importancia de las colas.*

Es muy importante que las colas permanezcan para evitar los huecos en la producción.

Una cola alta permite tiempo para responder a los problemas y tener unas ciertas variaciones resultado de un funcionamiento todavía satisfactorio.

Además, otra consecuencia es que le cuesta menos tiempo a una balancina para llegar al final de esta. De esta manera, el sistema responde un poquito más rápidamente a los problemas que aparecen y que pueden dictar la asignación de las balancinas.

✓ *La regla de lanzamiento de la producción.*

Al empezar la línea de Ford, las colas ya están bastantes llenas. Para simularlo, utilizamos una regla para esperar que las colas tengan un cierto nivel antes de lanzar el “robot_asientos” (1). La debilidad viene de la diferencia entre las dos colas (de dos a quince) que existe ya al principio a causa de la regla de asignación de las balancinas (ver después para las explicaciones y las consecuencias).

Tal vez estaría interesante hacer unos experimentos variando el nivel del principio. Lo hicimos con modelos todavía débiles porque no producían bastantes asientos. En estos casos, se podía observar la caída de la cola más baja mientras que la otra se mantenía.

✓ *La alimentación en balancinas del “robot_asientos” (1).*

Añadimos dos buffers ((2), (3)) al final de las colas “aTrimA” (4) y “aTrimB” (5) donde el robot coge los asientos necesarios por un coche.

Antes, a partir del momento que tomaba la primera balancina, el robot debía esperar unos tres segundos más a que llegue al final la segunda. Pues su tiempo de ciclo efectivo estaba en tres segundos superior al teórico, disminuyendo así el número de coches producidos. Esto no se produce en el modelo actual.

e- Datos registrados

✓ *En el fichero “resultados”.*

A cada fin de operación en el “robot_asientos” de Ford, se graba el estado de las colas “aTrimA” y “aTrimB” así como el número de balancinas dentro el sistema (recordamos que las balancinas haciendo la vuelta desde Ford no están modeladas). Indirectamente, podemos conocer el tiempo de ciclo efectivo de Ford.

✓ *En el fichero “resultados2”.*

Al salir del sistema un coche, se graba el origen del coche (Trim A o B) e incrementa el total de cada tipo.

Por el momento, utilizábamos sólo el total final porque el robot alternaba de Trim regularmente. Estas informaciones serán más interesantes cuando la alimentación del robot sea aleatoria.

✓ *En el fichero “resultados3”.*

Tomando el tiempo cuando un asiento está listo en “carga_delantero_trimA” y el del momento cuando se inicie la operación siguiente en “Carga_TrimA”, sabemos con la diferencia el tiempo de espera del sistema de carga con un asiento.

✓ *En el fichero “resultados4”.*

Igual que precedentemente pero para la línea de Trim B. La única diferencia viene que hay dos veces más operaciones (dos por cada coche contra una por los del Trim A) .

✓ *En el fichero “resultados5”.*

No utilizado.

✓ *En el fichero “resultados6”.*

En el último fichero grabamos al fin del experimento los porcentajes de espera, trabajo, bloqueo y de avería de las maquinas siguientes: “delanteros”, “delanteros1”, “robot_asientos”, “carga_TrimA” y “cargadelanteros”.

Nota: al final de los experimentos, no tenemos que tener en cuenta sólo las diferencias de número de coche porque no representan cada vez una diferencia de productividad. En efecto, como la cantidad de avería puede variar, podemos observar unas pequeñas variaciones de producción que no indican una debilidad del sistema.

III- La regla de asignación.

Como lo decimos en la presentación del sistema, una regla es necesaria para asignar a las balancinas el lugar donde van a cargar los asientos. En este párrafo, vamos a resumir el estado de las investigaciones sobre una regla optima antes de la reunión del 13 de diciembre de 2001. Probé nuevas orientaciones que presento en la parte siguiente.

1. Dos funciones.

En realidad, esta regla se compone en dos funciones (mirar anexo):

- una primera de decisión, que va a decidir donde cada nueva pareja de balancinas va a estar cargada
- otra de instrucción, que va a entrar en los atributos de la balancina las características de los asientos que estarán cargados (Trim y lado) que indican dónde esto ocurrirá.

2. ¿Regla simple o compleja?

✓ *Una regla simple*

Al principio, intentamos probar una regla simple más fácil a implementar y a utilizar. Esta tomaba en cuenta sólo las balancinas libres entre “Carga_TrimA” y “cargadelanteros” que van a cargarse en TrimB (variable “en_línea”).

✓ *Una regla desequilibrada*

Después de todos nuestros experimentos, está claro que una regla así no puede funcionar porque aventaja una de las colas ($en_línea \leq 2$ o $4 \rightarrow TrimA$, $6 \rightarrow TrimB$). No hay un valor que sea perfecto.

En efecto, rápidamente el sistema se bloquea porque una cola está vacía, la otra llena y no se puede aceptar la balancina siguiente que espera en el túnel. Por eso se necesitan, al menos, límites para evitar bloquear el sistema.

Destacar que las ventajas para una cola dependen de la dinámica del sistema. El número de balancinas entre los dos sitios de carga puede variar de cero hasta diez según los momentos durante el mismo experimento. Pues la regla, si su criterio es “ $en_línea \leq 4$ ”, no va a actuar igualmente en todos los casos.

Para todo esto, una regla simple no es suficiente.

✓ *Una regla por etapas*

Mejor que hacer una función condicional muy complicada, preferimos añadir otras para corregir la primera decisión si no es adecuada.

3. Criterios de corrección utilizados.

Están presentados en el sentido inverso de su aplicación.

✓ *Limitación del número de balancinas de un tipo.*

Para evitar los bloqueos, la solución más fácil es limitar el número de balancinas de un tipo. Por eso, al principio prohibimos más de cincuenta balancinas en una cola. Ahora, incluyendo el túnel, no es posible tener más de sesenta y cinco balancinas listas para cada tipo (tamaño de las colas en Ford). Sin embargo, esto no resuelve el problema de la diferencia entre las colas.

✓ *Funcionamiento de las líneas de producción de delanteros.*

Con esta regla, intentamos evitar la asignación de balancinas a una línea que ahora está averiada, que puede estar un punto de bloqueo o un cuello de botella si quede un poquito débil después del problema. Si su utilidad parece evidente, nunca hemos medido realmente su eficiencia.

✓ *Evitar la serie importante de un tipo de balancinas.*

Algunas veces se forman series importantes de balancinas del mismo tipo, esto implica para las líneas ser bastante rápidas y tener una cola para responder a los pedidos. Por eso, esta situación puede ser problemática, particularmente para la línea TrimB. Esta función permite prohibir la serie de más de tres parejas. La eficiencia de esta regla no fue medida tampoco.

Es importante que el segundo criterio interviene después el de las series para permitir a una línea seguir trabajando si la otra conoce largos problemas.

Veremos en la parte siguiente que esto funciona bien, ... generalmente. Por eso, ahora que el sistema funciona bien, estudiaremos otras reglas.

IV- Nuevas orientaciones.

Comentario: Todo lo que sigue está desarrollado en los informes 4 y 5 situados en anexo.

1. Problemas con la antigua regla.

a- Nuevos experimentos.

Como teníamos un sistema que funcionaba en una situación normal de producción, quisimos su respuesta delante de situaciones más problemáticas: un cambio de ritmo en el sistema y una avería larga en una de las líneas de delanteros.

b- Descripción de los experimentos.

✓ *Hipótesis general de trabajo.*

Utilizamos todavía las hipótesis desarrolladas anteriormente (II – 1)

Además, se considera, como en todos los experimentos realizados hasta ahora, que la secuencia de salida en Ford sigue una mezcla perfecta alternando un coche de cada línea de Trim.

✓ *Cambio de ritmo (exp 1).*

Estudiamos el comportamiento del sistema por varios valores del tiempo de ciclo de las líneas de delanteros (el del robot de Ford estando todavía superior a este de 3%).

Pues, probamos los casos siguientes:

- 2 turnos, tiempo de ciclo de 20, 22.5, 27.5 y 30
- 3 turnos, tiempo de ciclo de 28.5, 31, 36 y 38.5

✓ *Avería importante (exp 2).*

Simulamos una avería importante (parada de 500, 1000 y 2000 segundos) en una de las líneas de delanteros. El problema se produce después de 20000 segundos de simulación.

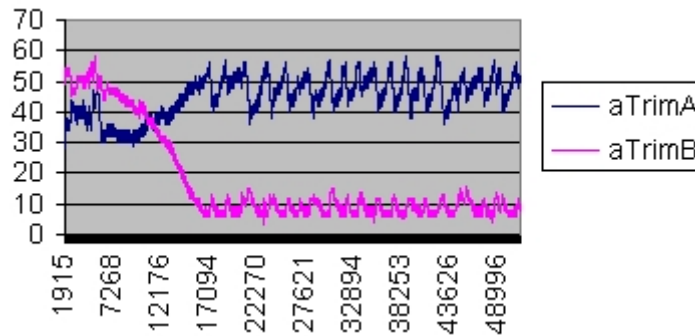
Notar que una media hora de parada es mucho, pues supongo que como lo que se sobrentiende de un documento situado en el anexo (“Casuística en el proceso de secuenciación de asientos desde Johnson Controls”), es posible en este caso dejar pasar las balancinas vacías que bloquean todo el sistema. Así se puede seguir produciendo en la otra línea y después hacer más esfuerzos en la línea débil para recuperar el retraso.

c- Resultados

✓ *Experimento 1.*

No hay problemas por los tiempos superiores a 25 segundos por coches (los cuellos de botella tienen menos efectos). Por lo contrario, el sistema es incapaz de resistir con una velocidad más rápida (menos de 25 s/coche). No es un resultado sorprendente porque como ya lo señalamos en el informe 3 y anteriormente en este, la ausencia de regla que trata de las diferencias de colas, no permite reaccionar a un desequilibrio de estas.

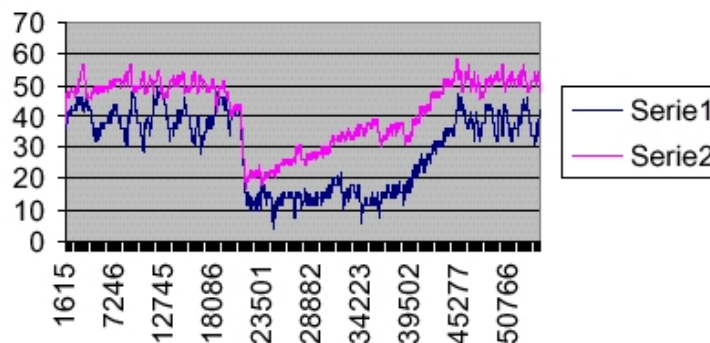
Parece imprescindible añadir unos criterios a la regla de asignación.



✓ *Experimento 2.*

Al sistema le cuesta mucho recuperarse después de la avería. Las dificultades son más importantes cuando esto ocurre en la línea de Trim B porque no hay una gran cola como en la otra. Además, se nota una recuperación diferente en las dos colas consecuencia del desequilibrio de la regla. Ahora bien, lo más importante no es el nivel alto de una sino el nivel bajo de la otra.

Una vez más parece importante modificar la regla de asignación.



2. Experimentación de nuevas reglas.

a- Nuevas orientaciones.

Hay varias posibilidades: añadir un criterio de corrección o cambiar la regla principal. Vamos a probar las dos.

✓ *Añadido de un criterio (sol1).*

Es muy sencillo utilizar un nuevo criterio que va a corregir la primera decisión de asignación cuando existe una diferencia (de 5) entre las colas. Por eso, utilizamos las mismas variables (“balancinasAlistas” y “balancinasBlistas”) que por el criterio que limitan el número total de balancinas de un tipo después el último punto de carga (“cargatraseros”).

Aquí también el orden de los criterios es importante. Por ejemplo, si aparece una diferencia de colas importante, la regla asignará todas las balancinas a la misma cola que será un cuello de botella. El criterio sobre las series aplicado después permitiría mantener una mejor productividad.

✓ *Una regla principal que cambia (sol2).*

Vimos que cada valor de “en_línea” favorece una de las colas pues sería posible hacer variar su valor para ayudar la cola más débil.

✓ *Cambio de regla principal (sol3).*

Al final, si queremos una regla lo más sencilla posible (tan sencilla, que nunca lo tratamos), una asignación alterna parece la mejor solución.

Debería permitir disminuir las diferencias de colas que no sirven a nada. En efecto, no sólo no es interesante que una cola se recupera más rápidamente sino también un sistema desequilibrado es más sensible que otro que no lo está. Además, debería prohibir, en el funcionamiento normal, las series de balancinas asignadas a la misma línea, lo que vimos puede ser problemático en la línea B.

Se puede combinar este cambio con el añadido del nuevo criterio (sol4).

b- Resultados.

Los resultados más interesantes son obtenidos con las soluciones 1 y 4 pues desarrollaremos las otras sólo en el informe en anexo.

Realizamos los experimentos sólo en los casos más problemáticos anteriormente: los tiempos de ciclo son inferiores a 25 segundos para el primer experimento y las averías en Trim B con un funcionamiento en dos turnos para el segundo.

✓ *Experimento 1.*

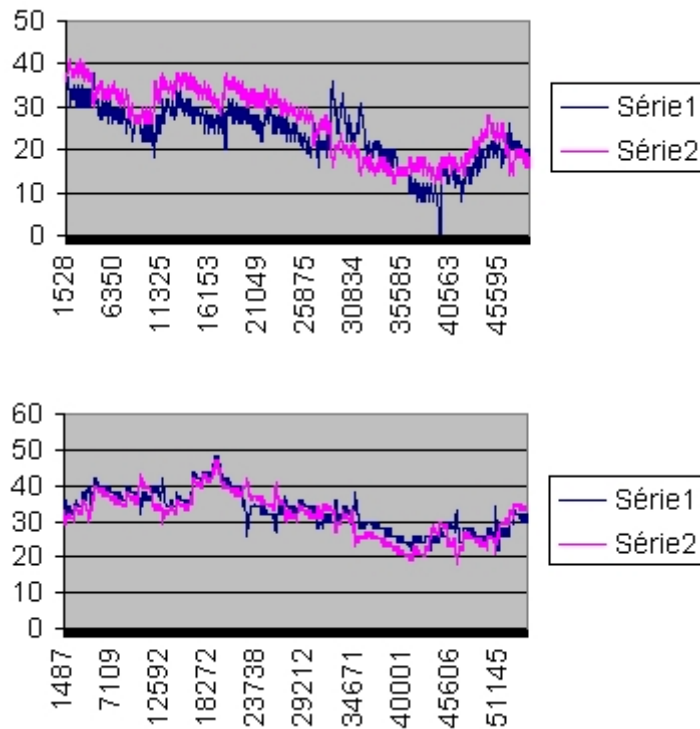
Ahora parece claro que el sistema no puede funcionar con un tiempo de ciclo de 20 segundos (comentario de último momento: mirar el fin del informe 5). En efecto, los cuellos de botella son demasiado numerosos: la carga en TrimA necesita 22s, la en TrimB más (hasta 30s para los traseros) y, normalmente, más de 20 segundos para la grabación de cada pareja.

Al contrario, las dos soluciones permiten trabajar todo un día con un ciclo de 22,5 segundos.

No sólo resultan con la regla alterna niveles de colas un poquito mejores, sino también más estables. En efecto, son más cercanos y cada diferencia tiene una repuesta casi inmediata.

En el caso de la solución 1, permanece una diferencia entre las dos colas pues la regla principal parece no conseguir corregir de las diferencias. Pues no sólo la regla “en_línea” no parece interesante sino también es un obstáculo a la reducción de las diferencias de colas. Además, la repuesta parece muy inestable por causa de la aparición de series de balancinas seguidas del mismo trim.

Curvas para 22,5 de las soluciones 1 y 4



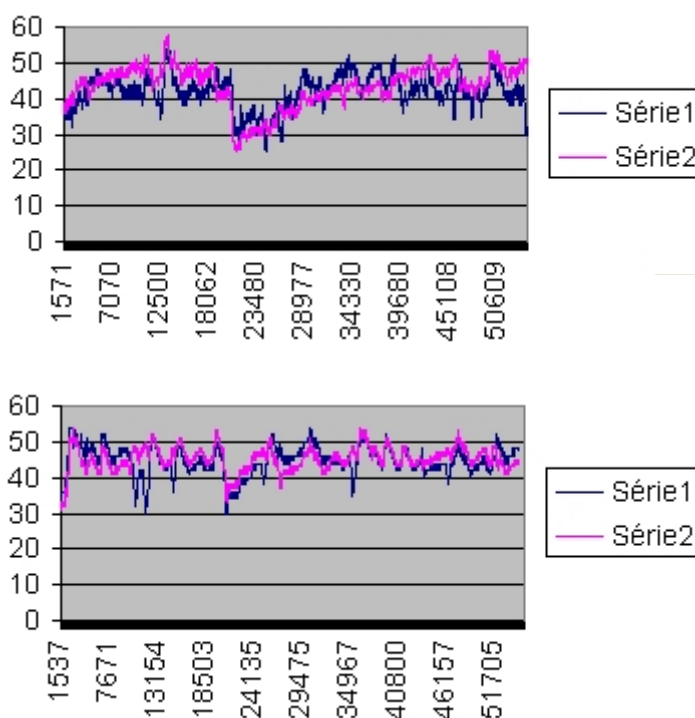
✓ *Experimento 2.*

Las dos configuraciones permiten al sistema recuperarse pero con una eficiencia diferente.

En efecto, la solución 4 permite una mejor repuesta del sistema: las caídas son menores y se recuperan más rápidamente. Esto es, por una parte, la consecuencia, una nueva vez, del desequilibrio de la regla “en línea” que favorece la recuperación de una cola, la de la otra está vinculada a la utilización del criterio de las diferencias. Por otra parte, con una recuperación conjunta de las dos colas y, parece que hay un mejor funcionamiento del sistema, esto da mejores resultados (mirar que una avería de 500, casi no se nota).

Por consecuencia, con la regla alterna, el sistema parece capaz de reaccionar a otras paradas más rápidamente.

Curvas para una avería de 500 de las soluciones 1 y 4.



Con estos resultados, parece indicada la implantación de una asignación alterna con un criterio para combatir las diferencias de colas. Además su implementación en la realidad sería más fácil que la de una regla que implica la carga de series de asientos. En efecto, en los puntos de carga, sería más fácil alternar cortos momentos de esfuerzos y de espera que encadenar varias cargas antes un rato de descanso.

3. Otros comentarios generales sobre el funcionamiento del modelo.

Estos comentarios utilizan también los resultados de las experimentaciones de las soluciones 1 y 4 en funcionamiento normal.

- ✓ *Bloqueo en las líneas de delanteros.*
En cualquiera experimento, las líneas de delanteros conocen un porcentaje de bloqueo de más o menos 4%.
- ✓ *Número de balancinas.*
En todos los experimentos realizados para el informe 5 (funcionamiento normal incluido), el número máximo de balancinas en el sistema es situado entre 130 y 140.
- ✓ *Tiempo de utilización de las reglas.*
Parece importante medir la frecuencia de utilización de las diferentes regls.

V- Desarrollo del proyecto

1. Histórico del proyecto

Mi participación al proyecto hará durado tres meses. Podemos distinguir tres etapas durante este periodo:

- mi integración al proyecto y los primeros experimentos
- la toma de conciencia de la debilidad del modelo y su larga resolución
- la redacción de este informe y el balance de los conocimientos

✓ *Integración al proyecto y primeros experimentos*

En esta fase, incluyo no sólo el tiempo necesario para descubrir Witness (diez días) sino también para empezar a entender el funcionamiento del modelo.

Claro que al principio, me parecía bastante complejo el modelo. No era suficiente entender el principio para entender lo que estaba pasando.

Empezamos experimentos en que cambiamos ya algunos parámetros (“frena_balancinas”, averías en las líneas de Ford). En este momento, si ya se notaba una cierta debilidad del sistema, el pequeño tiempo de simulación (diez mil segundos) no nos permitió darnos cuenta de la gravedad del problema (mirar informe en anexo).

En esta época, si fuera capaz de comentar los resultados, quedaba en la imposibilidad de analizarlos.

✓ *La toma de conciencia de la debilidad del modelo y su larga resolución*

Las dificultades empezaron cuando quisimos hacer unas series de experimentos más amplios sobre el sistema (regla de asignación, reacción del sistema delante de una variación del ciclo de producción o con una producción aleatoria de coches TrimA y TrimB). Todos estos experimentos debían durar tanto como un día de trabajo (dos y tres turnos). Los primeros fueron muy malos.

Durante mucho tiempo, cuando algunos parámetros siguieron cambiando (averías, ...), intentemos encontrar la regla de asignación que nos permitiera obtener los mejores resultados del sistema. Sin éxito.

En este momento, empezamos a dudar del principio mismo de este sistema. Si no nos permitieron encontrar soluciones, estos momentos de reflexiones con los profesores Carlos Andrés y José Pedro García me ayudaron a entender mejor el funcionamiento del modelo como algunos principios de la simulación.

Es después estas reuniones cuando, finalmente, poniendo en marcha lo que había entendido (es decir: aislar las diferentes partes una después de otra) y escrutando los resultados, conseguí encontrar soluciones. En efecto, me di cuenta que el problema venía principalmente de la línea TrimB así que algunos otros errores de menor importancia descritas antes (mirar la parte II).

Al final, el problema no era (sólo) la regla ni un error en el diseño del nuevo sistema sino errores en la modelización de este. Estos problemas eran de dos tipos diferentes:

- no darse cuenta que algunos elementos debían cambiar (mirar descripción línea B, II-3-c)
- errores de programación

✓ *Redacción de este informe y balance de los conocimientos*

En esta época, como teníamos un sistema que funcionara, pensábamos avanzar en nuestro estudio. Desgraciadamente, los problemas de salud de Carlos Andrés no lo permitieron.

En fin, no estoy seguro que fuera malo para el proyecto. La redacción de este informe me obligó a hacer la síntesis de nuestros conocimientos y así a entender mejor el funcionamiento del modelo.

Los últimos experimentos son el resultado de estas reflexiones.

Al final, podemos decir que a estos tres periodos del proyecto corresponden tres niveles de comprensión y de implicación de mi parte que resultan de mi progresiva integración y de la evolución del proyecto.

2. Manera de simular y consecuencias

Como lo decía antes, perdimos mucho tiempo para conseguir a hacer funcionar el modelo. Las razones de estas dificultades son varias.

La primera es, por su puesto, la novedad del sistema que no nos permitía saber si estaba el principio o la programación el que era el origen de nuestros malos resultados.

A esto se añadió, supongo por precipitación, el deseo de trabajar directamente con el modelo completo. Esto complicó mucho nuestra tarea al momento de buscar posibles fallos porque no sabíamos por donde empezar. Es sólo aislando las diferentes partes, utilizando elementos perfectos (tiempo de ciclo de 1), que encontré los problemas en la línea de balancinas y después en la línea B.

3. Balance de la gestión de proyecto

Es difícil hablar de gestión de proyecto en nuestro caso. La falta principal viene de los problemas del modelo que tuvimos que resolver. Fue un poquito como intentar arrancar un coche con la tercera velocidad. Era imposible planificar cualquier cosa cuando no sabíamos como empezar realmente.

Sin embargo, poco a poco tuvimos costumbres de trabajo. Dadas las diferencias de disponibilidades, habían generalmente discusiones y reuniones informales. Pienso que tuvimos una buena colaboración.

4. Sugerencias por la continuación

✓ *Conocimiento de la empresa, conocimiento del modelo.*

No conocer la empresa no me ayudó en mi proyecto mismo si no que tuvo sólo desventajas. En efecto, me obligó a pedir a mi tutor explicaciones sobre su programación y así mejoramos algunos puntos. Pero, quedé muchas veces con dudas y preguntas cuando se trata del proceso de trabajo mismo.

Sin embargo, si conozco mal el comportamiento del sistema real, ahora pienso conocer bien el funcionamiento del modelo y la próxima persona que seguirá los experimentos también. Pues me parece importante confrontar una vez las dos visiones y hacer una etapa para eliminar las posibles errores y encontrar las oportunidades.

En efecto, si el modelo funciona, no quiere decir que representa correctamente la realidad. Durante mi proyecto, vi como cualquier parámetro puede tener consecuencias importantísimas sobre las respuestas del modelo. Pienso que sería una pena descubrir dentro dos meses que todos los resultados obtenidos son falsos.

Por fin, me pregunto sobre la presencia del experimentador en las reuniones. Por un lado, le permitiría saber más cosas e intervenir él mismo, pero, generalmente, aumentar los interlocutores no mejora el mensaje. En cambio, pienso que mejorar los briefings y los debriefings antes y después de las reuniones podría estar una buena cosa.

✓ *Base de datos.*

Desde principio de octubre, he realizado numerosos experimentos con varios modelos. Al principio, había creado una base de datos para conservar todo y servirme de mi experiencia.

Desgraciadamente, cuando se sucedieron los experimentos malos, perdí mis buenas costumbres. Es una pena! Por ejemplo, ya había probado una vez una regla alterna pero con un sistema todavía débil. Pues, como no quedara bastante informaciones, no estaba capaz de explotarlo cuando me interesé de nuevo por este tipo de regla.

Ahora, he ordenado un poquito más todo. Pienso que es importante en el futuro notar los detalles de los próximos experimentos.

CONCLUSIÓN

Por fin, después de algunas dificultades, tenemos un modelo que parece funcionar bien. Los últimos experimentos deberían permitir elegir una regla de asignación de las balancinas. Después de esta etapa, será posible seguir desarrollándolo para probar su comportamiento frente a diversos escenarios y requerimientos.

Pienso que un punto clave para el éxito de esta fase es acercar los conocimientos del sistema industrial y del modelo. Era uno de los objetivos de este informe.

Resumir sus conocimientos heredados de tres meses de trabajo no es fácil. La tarea es tan difícil que una parte era conocimientos no formalizados. Me obligó a esfuerzos de reflexiones que, al final, son muy productivos.

Es difícil para mí saber hasta que punto lo consigo. No creo haber hecho un informe perfecto. Entonces, si quedan puntos oscuros, lo siento, si existen errores, es ahora que deben ser descubiertos. En todos los casos, las reflexiones que pueden nacer de este trabajo me parecen lo más importante, la prueba de su utilidad.

Aquí se acaba mi participación al proyecto, buena continuación.

ANEXOS

A-Documentos de Johnson Controls.

1. CASUÍSTICA EN EL PROCESO DE SECUENCIACIÓN DE ASIENTOS DESDE JOHNSON CONTROLS
2. Flujo de Información para la Planificación, Programación y Secuenciación en Johnson Controls
3. DESCRIPCION DEL PRODUCTO Y PROCESO PRODUCTIVO DE JOHNSON CONTROLS
4. SISTEMAS DE INFORMACIÓN EN JOHNSON CONTROLS
5. Datos de paradas

B- Documentos sobre el modelo.

1. Plan del modelo
2. Descripción del modelo actual.
3. Antigua descripción del modelo.
4. Regla de asignación el 14-12-01
5. Última proposición de regla

C- Informes.

1. Informe del 15-10-01
2. Informe del 15-11-01
3. Informe del 26-11-01
4. Informe del 19-12-01

D-Documentos para el experimentador.

1. Algunos datos sobre Witness
2. Recuperación de los datos