

INTEGRACIÓN DEL RIESGO ESTACIONAL A LA INCERTIDUMBRE EN LOS PROYECTOS

Fernando Acebes

Javier Pajares

Adolfo López-Paredes

*INSISOC. Escuela de Ingenierías Industriales – Sede Paseo del Cauce. Universidad de
Valladolid, Pso del Cauce 59 47011 Valladolid*

Abstract

Extending the research that the authors develop on the uncertainty in projects, in this article we integrate the seasonal risk present in the project to compare the Baseline Risk resulting from each period, depending on the date of the beginning of Project.

Subsequently, we represent in our control chart the control indicators that emerge from the investigation (SCOI / CCOI) so we can check the progress of the project in each of the simulated periods. Depending on the result obtained in each moment, the Project Manager will decide if corrective action is necessary to keep the project within the expected variability or, conversely, the evolution of the project is initially expected.

Keywords: *Uncertainty and variability; Risk Management; Time/Cost Integrated Control*

Resumen

Ampliando el trabajo de investigación que los autores desarrollan sobre la incertidumbre en los proyectos, en este artículo integraremos el riesgo estacional presente en el proyecto para poder comparar la Línea Base de Riesgos resultante de cada periodo, en función de la fecha de comienzo del Proyecto.

Posteriormente y representando en nuestro gráfico de control los indicadores que surgen de la investigación (SCol / CCol), podremos comprobar la evolución del Proyecto en cada uno de los periodos simulados. Dependiendo del resultado obtenido en cada instante, la Dirección del Proyecto decidirá si es necesaria una acción correctiva para mantener el proyecto dentro de su variabilidad esperada o si, por el contrario, la evolución del proyecto es la prevista inicialmente.

Palabras clave: *Incetidumbre y variabilidad; Gestión del Riesgo; Control integrado de plazos y programación*

1. Introducción

Durante los últimos años se han llevado a cabo numerosos trabajos de investigación sobre programación de proyectos, centrándose en el desarrollo de procedimientos y soluciones óptimas para la generación de la Línea Base de Programación, suponiendo un entorno determinista y con información completa. Durante la ejecución del proyecto, sin embargo,

este puede estar sujeto a una incertidumbre considerable, que puede conducir a numerosos trastornos de la programación.

La incertidumbre es una materia central en todo proyecto. El reconocimiento de que la incertidumbre en los proyectos puede afectar a la programación, ha provocado una serie de investigaciones dentro de este ámbito.

Teniendo en cuenta la incertidumbre que presentan las actividades que forman parte del proyecto, Pajares y López-Paredes (2010) proponen una primera aproximación metodológica para integrar la incertidumbre junto con la metodología del Valor Ganado. Para ello, definen el concepto de Línea Base de Riesgos y dos nuevos índices de control integrado: SCol – Índice de Control de Programación (Schedule Control Index) y CCol – Índice de Control de Costes (Cost Control Index).

La Línea Base de Riesgos se define como la evolución del valor del riesgo del proyecto a lo largo de la ejecución del ciclo de vida de este.

Los índices de control integrado (SCol y CCol) se utilizarán para controlar y monitorizar la evolución del proyecto en relación con su variabilidad normal.

Se ha definido un sistema gráfico de control donde representaremos los índices de control. Esta representación gráfica será utilizada para determinar si existen retrasos/sobrecostes en el proyecto y si estos exceden de la variabilidad esperada del proyecto.

A través de la observación de estos índices, representados en nuestro gráfico de control, la Dirección del Proyecto comprueba, para cualquier periodo de tiempo, si el proyecto se ejecuta dentro de la variabilidad esperada o no. Por tanto, tendrá la posibilidad de detectar desviaciones respecto de lo planeado que le llevará a tomar acciones correctivas o estrategias reactivas, pudiendo reorientar el proyecto hacia su planificación original.

En este artículo analizaremos como influye la presencia de un riesgo “estacional” sobre la programación del proyecto, en función de la fecha de ejecución de sus actividades. Para ello, disponemos de datos estadísticos relativos a temperaturas inferiores a 0 °C en la ciudad de Valladolid. Consideramos que en nuestro proyecto una de las actividades que forman parte del camino crítico está afectada por este riesgo y, en caso de producirse el evento, tendrá un impacto negativo en la duración de dicha actividad.

Representaremos la Línea Base de Riesgos del Proyecto, calculada teniendo en cuenta la aportación al riesgo procedente de la incertidumbre de las actividades que componen el proyecto y de la componente de riesgo estacional que afecta a una de sus actividades. Realizaremos la comparación gráfica para cada una de las distintas simulaciones, pudiendo determinar cual sería la fecha idónea de comienzo del proyecto.

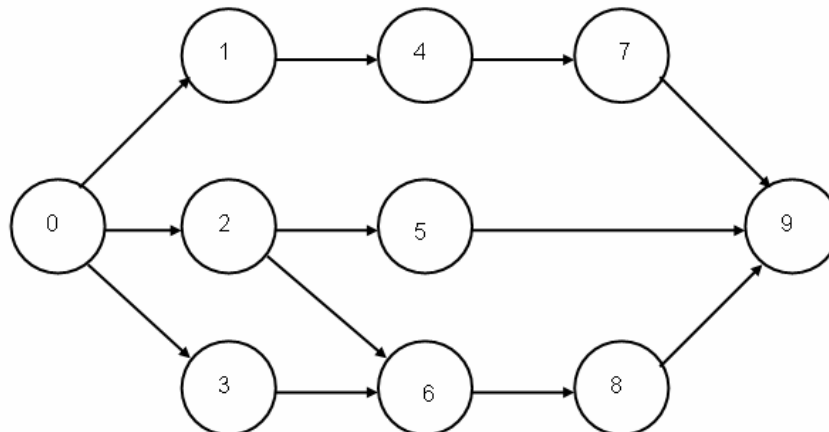
2. Análisis del Riesgo Estacional

Realizaremos simulaciones sobre un proyecto con una configuración muy concreta, como será la utilizada por Herroelen (2005) en sus trabajos de investigación, pues consideramos que la red posee suficiente entidad sin caer en grandes complejidades.

Como podemos ver en el grafo del proyecto mostrado en la Figura 1, en lo que a paralelismo se refiere, existen tres caminos paralelos. La profundidad es distinta en función del camino que elijamos, en dos de los casos es del orden de cinco tareas (representadas por los nodos) mientras que en el restante es de cuatro actividades. Por último podemos destacar el hecho de que tras la tarea número dos existe una bifurcación (del nodo o actividad dos parten dos arcos) que aporta disparidad en la profundidad. Indicar que las actividades

numeradas como 0 y 9 son actividades ficticias que se corresponden con el inicio y fin del proyecto.

Figura 1: Grafo del proyecto modelo elegido



Este modelo de proyecto tiene un camino crítico formado por las actividades A1, A4 y A7. Las duraciones medias estimadas para estas actividades, sin considerar incertidumbre en las mismas, es de 2, 3 y 8 unidades de tiempo respectivamente, por lo que la duración estimada del proyecto es de 13 unidades de tiempo.

Para analizar la incertidumbre del proyecto, consideramos que las actividades están definidas por una cantidad de actividad a ejecutar, por una tasa o cantidad de actividad que realiza una unidad de recurso en la unidad de tiempo y por una unidad de recurso o unidad de mano de obra. La incertidumbre en la actividad es modelada por medio de la tasa, que se define según una función de distribución de probabilidad, con valor medio y varianza fijadas.

De esta manera, calcularemos la duración de la actividad según la ecuación (1):

$$Duración A_i = (Act a ejecutar) / (Uds de Recurso * Tasa por Ud de Recurso) \quad (1)$$

El cálculo del coste de la actividad viene dado por la ecuación (2):

$$Coste A_i = Duración A_i * (C. Mano de Obra + C. fijo) + Act a ejecutar * C. Mat Prima \quad (2)$$

Al ser la duración A_i una variable aleatoria, también lo será el Coste A_i .

Para analizar la influencia del riesgo estacional en la ejecución del proyecto incluimos un término adicional (Retraso Estacional) que ocasionará un retraso en la duración de la actividad afectada por el riesgo (A7), en el caso de que el riesgo llegue a producirse (ecuación 3).

$$Duración A_7 = (Act a ejecutar) / (Uds de Recurso * Tasa por Ud de Recurso) + RE \quad (3)$$

Para integrar el riesgo junto con la incertidumbre de las actividades en la Línea Base de Riesgos, vamos a considerar un riesgo estacional, un riesgo que sólo se producirá en ciertos periodos del año y que, además, la probabilidad de ocurrencia de dicho riesgo será distinta unos meses de otros. En nuestra simulación consideraremos el riesgo por heladas.

Disponemos de datos estadísticos de días con temperaturas igual o inferior a 0 °C, clasificados por meses y años en la localidad de Valladolid (tabla 1).

Tabla 1: Días con temperatura igual o inferior a 0°C por años y meses. Observatorio de Valladolid

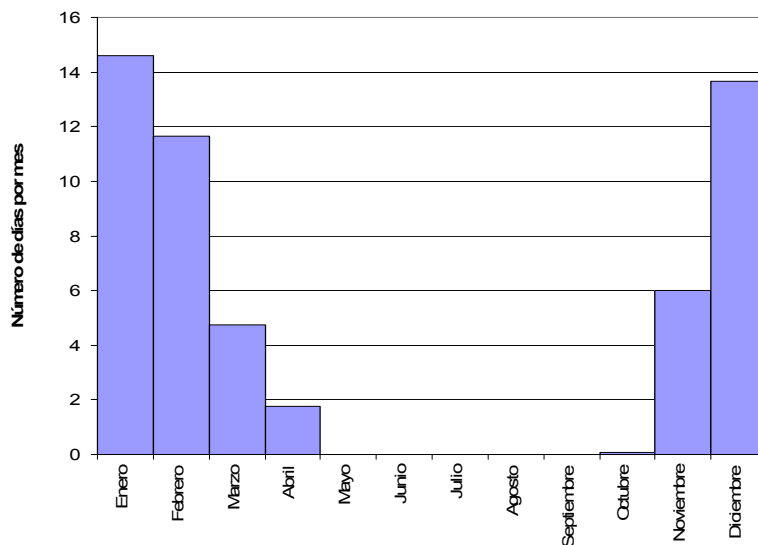
Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Total
1997	10	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8
1998	8	7	3	2	0	0	0	0	0	0	11	22	53
1999	19	19	4	2	0	0	0	0	0	0	9	16	69
2000	28	5	5	3	0	0	0	0	0	0	5	2	48
2001	7	10	0	3	0	0	0	0	0	0	13	25	58
2002	9	11	2	3	0	0	0	0	0	0	1	2	28
2003	16	15	1	1	0	0	0	0	0	0	1	8	42
2004	14	17	10	2	0	0	0	0	0	0	9	10	62
2005	22	24	13	2	0	0	0	0	0	0	6	18	85
2006	17	20	4	1	0	0	0	0	0	0	1	19	62
2007	13	2	7	2	0	0	0	0	0	0	10	16	50
2008	12	5	8	0	0	0	0	0	0	1	6	18	50
Valores medios del periodo 1997/2008	15	12	5	2	0	0	0	0	0	0	6	14	53

Fuente: Instituto Nacional de Estadística. Elaboración Ayuntamiento de Valladolid

En base a dichos datos estadísticos, suponemos una función de probabilidad de distribución normal que se ajusta a las muestras de partida para cada uno de los meses del año.

Representamos en la gráfica (Figura 2) el valor medio de los días registrados con heladas en la ciudad de Valladolid por meses, según la tabla anterior (Tabla 1).

Figura 2. Valor medio de días con Tª inferior a 0 °C por meses



Por otra parte suponemos la actividad A7 (Figura 1), que pertenece al camino crítico, se encuentra sometida a la influencia de este riesgo estacional.

En caso de que se produzca el riesgo, es decir, de que las temperaturas sean inferiores a 0 °C y coincida con el periodo de ejecución de la actividad A7, esta se verá afectada por el riesgo con un impacto negativo sobre la programación de la actividad.

En concreto, suponemos que dicha actividad verá retrasada su ejecución un 25% sobre el previsto para ese periodo.

Estocásticamente podemos deducir que si toda la actividad A7 se ejecuta en una zona con riesgo estacional (meses donde exista riesgo de heladas), sabiendo que la duración media de la actividad es 8, el impacto que sufrirá dicha actividad será de 2 periodos de tiempo de retraso ($2=8*25\%$).

3. Integración de la Incertidumbre del Proyecto y del Riesgo Estacional

La Línea Base de Riesgos del Proyecto se define como la evolución del valor del riesgo del proyecto a lo largo de la ejecución del ciclo de vida de este. El riesgo del proyecto para cualquier periodo de tiempo es calculado como el riesgo de las tareas pendientes de ejecutar el proyecto (aquellas no completadas).

Las actividades del proyecto están caracterizadas por la incertidumbre y variabilidad en su ejecución. Si el proyecto se ejecuta dentro de la variabilidad esperada, los retrasos y/o sobrecostos estarán dentro de los márgenes estimados según la Línea Base de Riesgos. Por el contrario, pueden existir errores sistémicos o estructurales durante la ejecución del proyecto que condujesen la ejecución del proyecto fuera de los límites de confianza.

Al análisis de la incertidumbre de las actividades, vamos a integrar el riesgo, en este caso, el riesgo estacional que afecta a una de las actividades críticas del proyecto (A7). Si el riesgo estacional llega a ejecutarse, es decir, si en nuestra suposición, se producen heladas durante la ejecución de la actividad A7, esta actividad verá retrasada su ejecución un 25% a consecuencia de dicho riesgo.

Vamos a considerar como Unidad Temporal del proyecto las semanas. Así pues, estocásticamente, el proyecto durará 13 semanas y la actividad A7 durará 8 semanas (probabilísticamente dependerá de la incertidumbre asociada a cada actividad del proyecto).

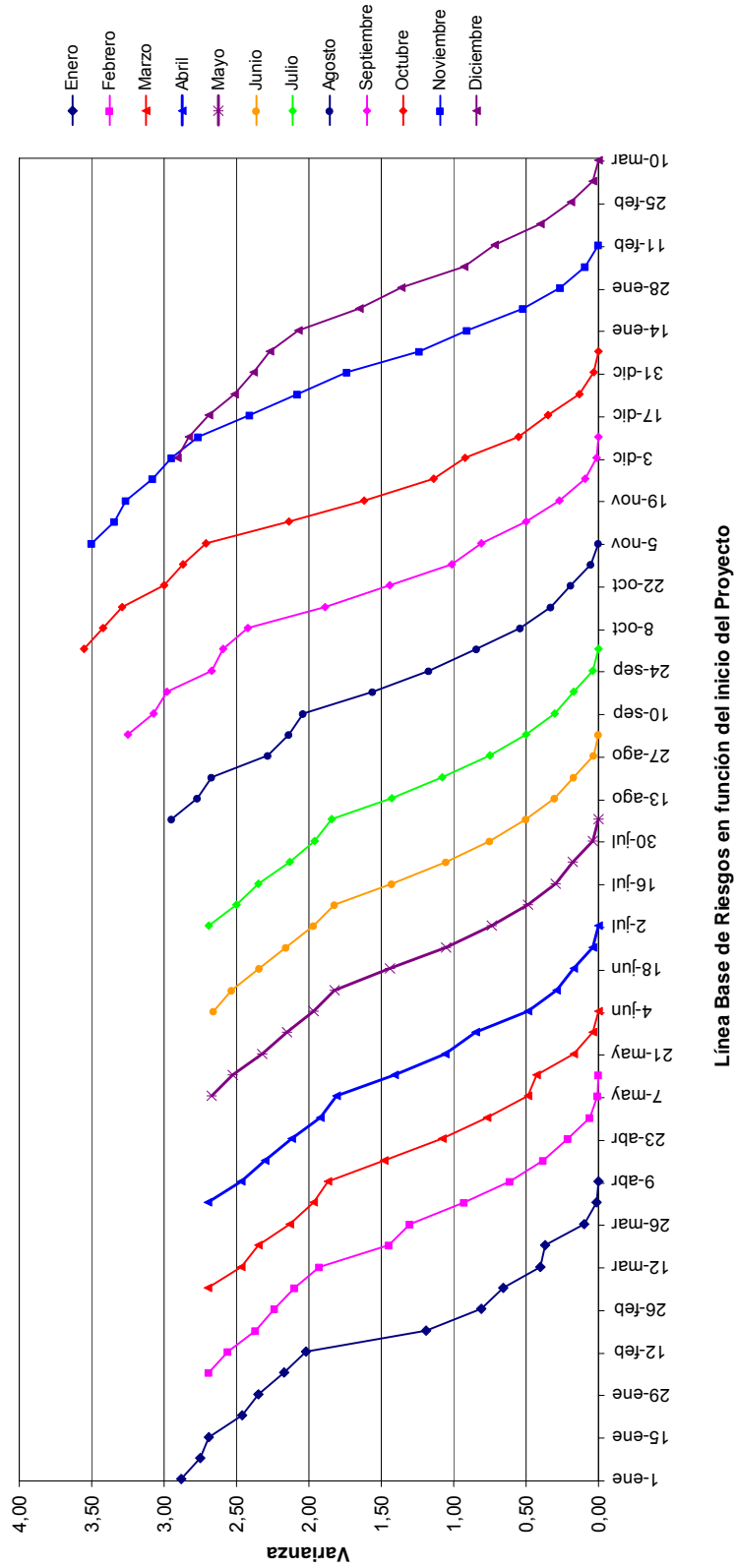
Hemos realizado simulaciones variando el inicio del proyecto para comprobar como afecta el riesgo, duración y costes del proyecto, según la fecha de comienzo, sabiendo que existe un riesgo estacional que afecta a una de las actividades críticas.

La Línea Base de Riesgos, que representa la evolución del valor del riesgo del proyecto a lo largo de la ejecución del ciclo de vida de este, está formada por un componente de riesgo que aporta la variabilidad del proyecto y por otra componente de riesgo que aporta el riesgo estacional. Para el cálculo de este indicador emplearemos la simulación de Monte Carlo. Tras realizar la simulación obtenemos una función de distribución de duración del proyecto y extraemos el dato relativo a la varianza de dicha función. La representación de este valor en cada uno de los periodos de tiempo forma la Línea Base de Riesgos.

En la Figura 3 se han representado las Líneas Base de Riesgo de las simulaciones realizadas, donde se ha modificado la fecha de comienzo del proyecto y se ha considerado la existencia de un riesgo estacional que afecta a la duración de una de las actividades del proyecto (A7). Comprobamos como el riesgo total del proyecto es distinto en función del mes en el que comience la ejecución del proyecto.

En todos los casos, la Línea Base de Riesgos va disminuyendo a medida que avanza la ejecución del proyecto. Por una parte, al irse ejecutando actividades va desapareciendo incertidumbre ya que la parte de actividad ejecutada pasa a tener unos parámetros conocidos y carece de incertidumbre. Por otra parte, al avanzar la ejecución del proyecto, especialmente al avanzar la ejecución de la actividad afectada por el riesgo, este va igualmente desapareciendo proporcionalmente por la misma razón, una actividad (o parte de ella) ya ejecutada, deja de tener riesgo.

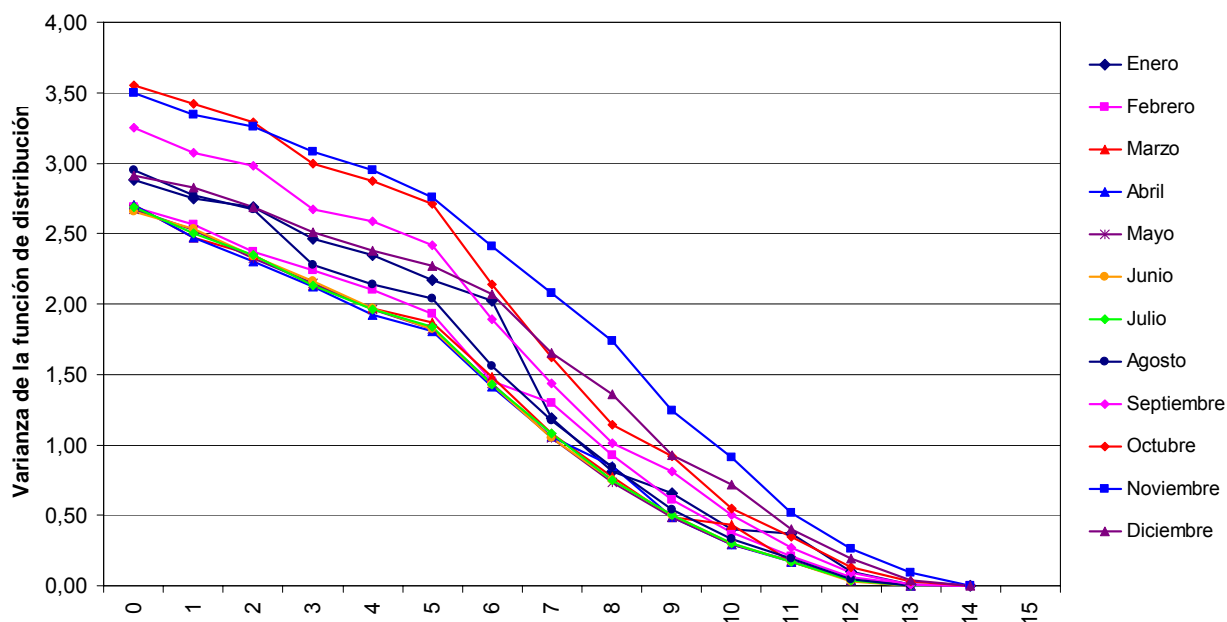
Figura 3: Línea Base de Riesgos en función del comienzo del Proyecto



Podemos observar como la Línea Base de Riesgos tiene un valor superior en aquellas simulaciones con un mayor componente de riesgo estacional, aquellas donde la actividad A7, que es la actividad afectada por el riesgo, se ejecuta en una zona con posibilidad de riesgo estacional. En el caso contrario, en simulaciones donde la ejecución de A7 coincide con meses con probabilidad nula de riesgo estacional (simulaciones de mayo, junio y julio), el valor de la Línea Base de Riesgos será el aportado únicamente por la incertidumbre de las actividades del proyecto, sin intervenir la componente estacional.

Si en la Figura 3 anterior hemos representado la Línea Base de Riesgos de las distintas simulaciones correspondiendo cada una de sus gráficas con su fecha de ejecución correspondiente, en la Figura 4 representamos la LBR de las simulaciones realizadas en función del periodo de tiempo de ejecución del proyecto. Agrupamos las representaciones teniendo como variable en el eje de abscisas el periodo de ejecución. De esta manera podemos comparar las distintas simulaciones realizadas. Por una parte comparamos el valor total del riesgo en cada uno de los periodos, en función del mes de comienzo del proyecto, y por otro lado, podemos comparar la duración final de cada uno de los proyectos simulados.

Figura 4: Línea Base de Riesgos en función del periodo de tiempo de ejecución



En este gráfico comprobamos más claramente cómo ciertas simulaciones tienen un valor de riesgo mayor que otras. Las simulaciones que mayor nivel de riesgo presentan serán aquellas donde la actividad A7 se ejecuta dentro de periodos de tiempo donde exista riesgo, en nuestro caso riesgo estacional. Igualmente se observa que la LBR de las simulaciones de los meses de mayo, junio y julio aparentemente coinciden y se solapan ya que tienen como única componente de riesgo el aportado por la incertidumbre, siendo la componente de riesgo estacional nula.

El hecho de que ciertas simulaciones alarguen su duración viene determinado porque la actividad A7 se está ejecutando dentro de meses con alta probabilidad de que se produzcan heladas y, por lo tanto, alta probabilidad de que se retrase el proyecto, como así ocurre en dichas simulaciones. Sería el caso de la simulación correspondiente a los meses, por ejemplo, de noviembre, diciembre o enero, entre otros, que retrasan en un periodo de tiempo su duración.

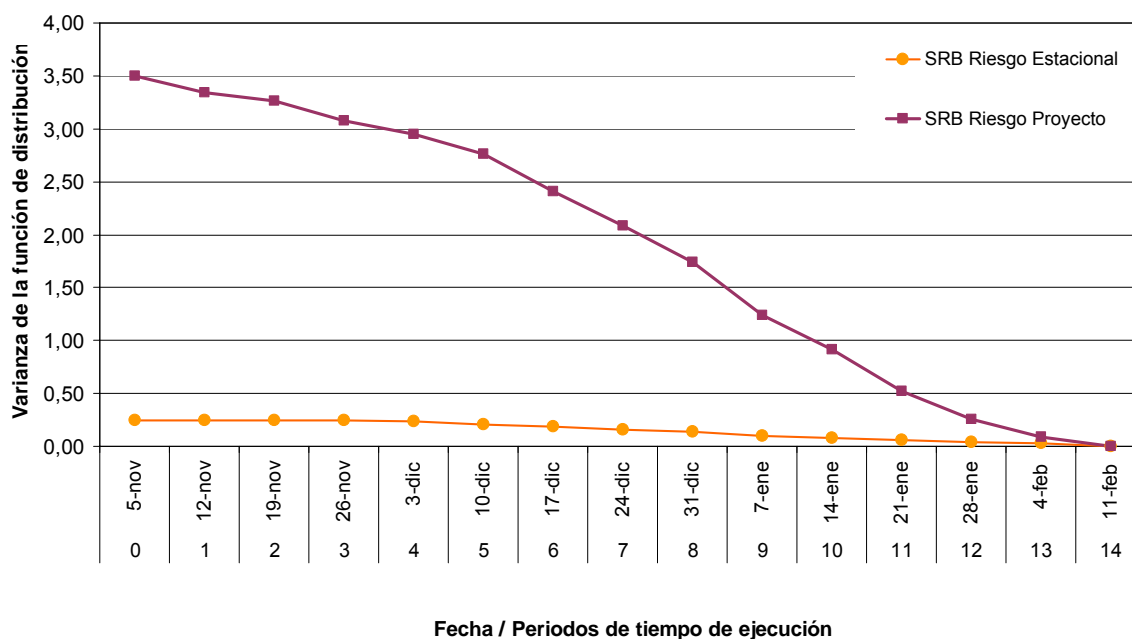
Va a existir riesgo estacional en aquellas simulaciones en las que la actividad A7 (que es la actividad sometida al riesgo de heladas), o parte de ella, se ejecute en mes con existencia de riesgo. Por el contrario, si ninguno de los periodos de ejecución de la actividad A7 se ejecuta dentro de un mes con riesgo, el valor del riesgo estacional será nulo.

4. Representación de los Índices de Control

Realizado el análisis del riesgo, integrando en la Línea Base de Riesgos el valor correspondiente al riesgo estacional, procedemos a representar los índices de control tanto para el coste (CCol) como para la programación (SCol). Estos índices de control integrado los utilizaremos para controlar y monitorizar la evolución del proyecto en relación con su variabilidad normal, una vez hemos introducido la componente de riesgo estacional.

Para ilustrar con un ejemplo la investigación llevada a cabo, elegiremos el mes de noviembre y representamos la Línea Base de Riesgos, conjuntamente con el riesgo estacional correspondiente a ese mes (Figura 5).

Figura 5: Línea Base de Riesgos / Riesgo Estacional. Mes de noviembre



Gracias a la simulación de Monte Carlo, podemos extraer, en cada periodo de tiempo los parámetros estadísticos de las funciones de distribución de costes y duración del proyecto.

Estos datos los utilizaremos para realizar el cálculo de los índices de control según se explica en Pajares y López-Paredes (2010).

Los índices de control integrado (SCol y CCol) se utilizarán para controlar y monitorizar la evolución del proyecto en relación con su variabilidad normal. Para realizar esta labor, representaremos estos índices en un gráfico de control. Esta representación gráfica será utilizada para determinar si existen retrasos/sobrecostes en el proyecto y si estos exceden de la variabilidad esperada del proyecto.

En el gráfico que proponemos en nuestra investigación representaremos, en cada periodo de tiempo, los valores calculados de los Índices de Control (SCol / CCol). En el mismo

gráfico incluiremos la representación de los Buffer Acumulados (ASBf / ACBf) y la representación del valor doble del Buffer Acumulado (2xASBf / 2xACBf) que utilizaremos como líneas de referencia para delimitar las zonas de referencia.

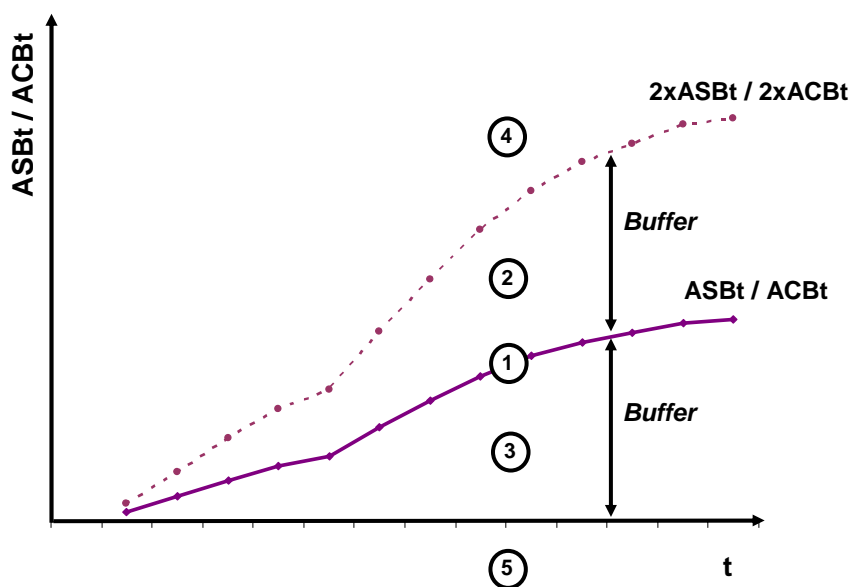
Utilizamos buffers, considerados como márgenes o rangos de valores aceptables, para determinar cuando la evolución de nuestro proyecto está dentro de la variabilidad inherente del sistema. Los buffers son calculados teniendo en cuenta las características estadísticas de distribución de coste y programación tras realizar la simulación de Monte Carlo. La distribución de los buffers en cada periodo será proporcional a la reducción del riesgo en cada intervalo.

El buffer Acumulado (ASBf / ACBf) será el resultado de la suma acumulada de los respectivos buffers puntuales de cada intervalo.

Los valores del Buffer Acumulado los calcularemos en cada uno de los intervalos, a la vez que se realiza el cálculo de los respectivos Índices de Control. La representación gráfica de estos valores nos servirá para delimitar los distintos escenarios donde se podrá situar el proyecto.

En nuestro gráfico definimos 5 áreas que permitirán al Project Manager identificar de forma clara y rápida cual es la situación del Proyecto respecto a su planificación inicial.

Figura 6: Representación gráfica para la toma de decisiones



El área denominado como 1, en la Figura 6, se corresponde con valores iguales para el Buffer Acumulado y para el Índice de Control ($SCol_t = ASBf_t / CCol_t = ACBf_t$). En esta situación, el Proyecto se está ejecutando según lo planificado (en programación o costes respectivamente). No existe por tanto, ni adelantos ni retrasos en programación con respecto a la planificación inicial (lo mismo para costes).

El área denominado como 2, se corresponde con valores tales que $ASBf_t \leq SCol_t < 2xASBf_t$ ($ACBf_t \leq CCol_t < 2xACBf_t$). En esta situación el Proyecto se encuentra adelantado (o con infracostes) dentro de la variabilidad que aportan las actividades que componen el Proyecto.

El valor del índice de control se encontrará dentro del margen de tolerancia establecido, situándose entre las gráficas del ASBf y de 2xASBf. El hecho de encontrarse el valor del índice de control en esta zona va a significar que el proyecto se encuentra en una situación

de adelanto con respecto a lo programado hasta ese periodo (lo mismo para costes). El adelanto resultante es tal que se considera dentro de lo esperado teniendo en cuenta las incertidumbres que aportan las actividades al proyecto.

El área denominado como 3, se corresponde con valores tales que $0 \leq SCoI < ASBft$ ($0 \leq CCoI < ACBft$). En esta situación el Proyecto se encuentra retrasado (o con sobrecostes) dentro de la variabilidad que aportan las actividades que componen el Proyecto.

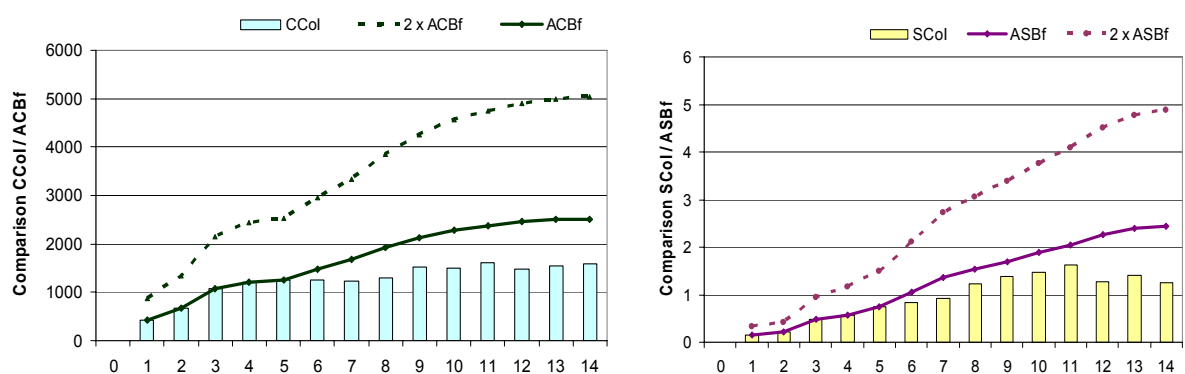
El valor del índice de control es inferior al buffer acumulado y, a la vez, es positivo, mayor que 0. Este caso representa una situación de retraso (o sobrecoste) del proyecto con respecto a lo planificado para esa fecha. No obstante, a pesar de existir retraso, este se encuentra dentro del margen de tolerancia para ese periodo, calculado en función de la incertidumbre de las actividades del proyecto y fijado inicialmente por la Dirección del Proyecto.

Las zonas 3 y 4 de esta Figura 1 son zonas donde se puede situar el proyecto y no requieren acción por parte de la Dirección del Proyecto ya que son situaciones esperables, en adelanto o en retraso (infracoste / sobrecoste), debido a la incertidumbre que aportan las actividades del proyecto, ya que los valores del índice de control se ubicarían dentro del margen de tolerancia fijado al inicio del proyecto.

El área denominado como 4, se corresponde con valores tales que $2xASBft < SCoI$ ($2xACBft < CCoI$). En esta situación el Proyecto se encuentra adelantado (o con infracostes) que no se corresponde con la variabilidad que aportan las actividades del Proyecto. La situación de adelanto/infracoste es superior a lo esperado al inicio del proyecto. Esta situación es interesante analizarla por parte de la Dirección del Proyecto para extraer conclusiones positivas que podría extrapolar y aplicar al resto del desarrollo del proyecto.

Por último, el área denominado como 5, se corresponde con valores tales que $SCoI < 0$ ($CCoI < 0$). En esta situación nos encontramos con el retraso/sobrecoste en el proyecto superior a lo esperado inicialmente, teniendo en cuenta la variabilidad aportada por las actividades que componen el proyecto. Estamos en una situación de existencia de posibles errores sistémicos o estructurales o de error de planificación en el Proyecto que tendrán que ser corregidos por el Project Manager.

Figura 7: Índices de control de costes y programación. Mes de noviembre



Posteriormente y tras realizar los cálculos correspondientes a los índices de control en cada periodo de tiempo, vamos a representar las gráficas relativas a costes y programación (Figura 7). Se observa cómo el proyecto alarga su duración un periodo de tiempo llegando a concluir el proyecto en la semana 14.

En ambas gráficas (costes y programación), el índice de control se encuentra situado entre el eje de abscisas y la línea correspondiente del buffer acumulado (ACBf y ASBf respectivamente), es decir, en la zona 3 de nuestro gráfico de control (Figura 6).

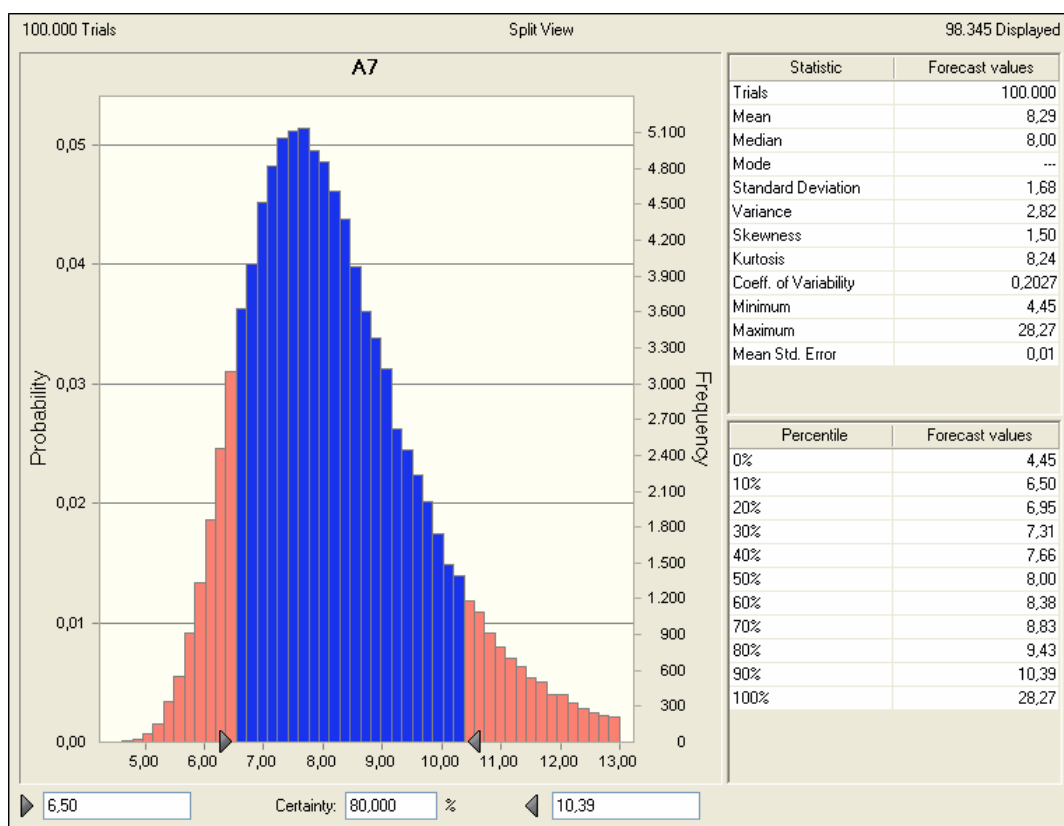
Esta zona indica que el proyecto se encuentra con un retraso tanto en costes como en programación respecto a lo planificado, pero este retraso está dentro de los límites esperados que determinan la incertidumbre de las actividades y ahora también el riesgo del proyecto.

5. Influencia de la incertidumbre de las actividades en el riesgo del proyecto

Hemos supuesto una incertidumbre en las actividades que componen el proyecto, caracterizada por una función de distribución normal. La función de distribución es modelada por medio de la "Tasa" de dicha actividad.

Esto implica que la duración de la actividad se representará según una función de distribución y podremos obtener los datos probabilísticos de dicha función para cada una de las actividades, centrándonos especialmente en la mediana, el valor de la función al 10% de probabilidad (Percentil 10) y el valor de la función al 90% (Percentil 90).

Figura 8: Representación y datos estadísticos simulación A7



Representamos en la Figura 8 el resultado obtenido de la actividad A7 tras realizar la simulación de Monte Carlo. Junto a la función de distribución, la aplicación informática con la que realizamos la simulación, nos muestra los valores estadísticos así como los valores de los percentiles obtenidos de la simulación.

De esta manera y para las actividades del camino crítico, tendremos los datos reflejados en la Tabla 2

Tabla 2: Datos estadísticos actividades críticas

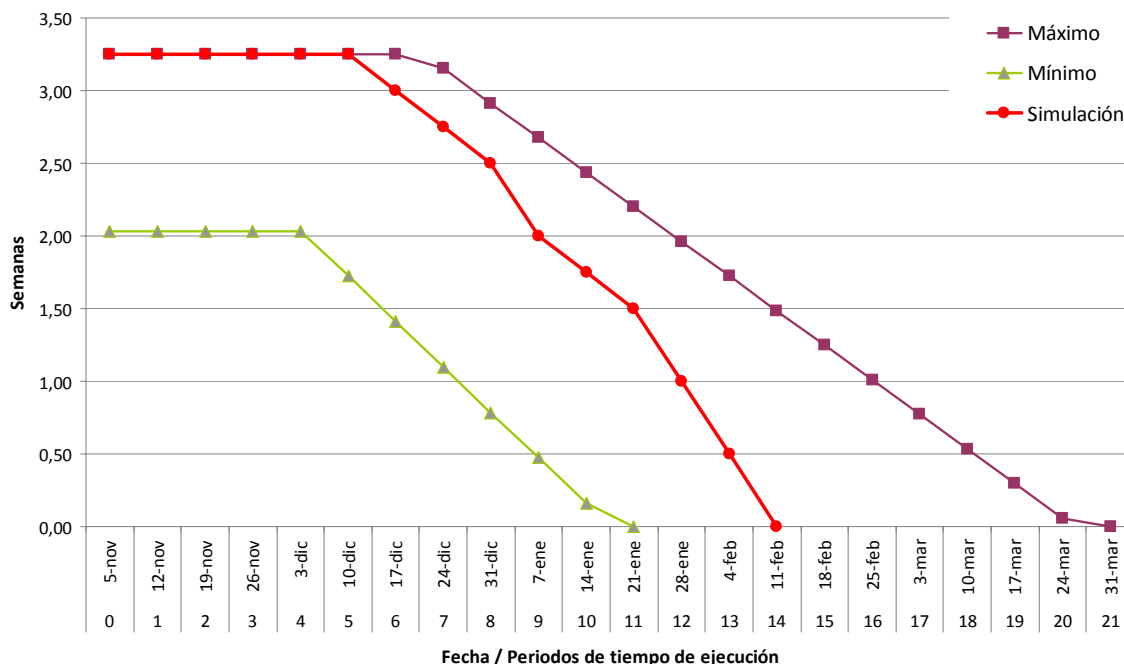
	Mediana	P10	P90
A1	2	1,64	2,55
A4	3	2,39	4,04
A7	8	6,51	10,39
Riesgo	2,5	2,03	3,25

A tenor de los resultados obtenidos con la simulación de Monte Carlo, podemos afirmar que la duración de la actividad A1 será mayor de 1,64 semanas, con un 90% de probabilidad y menor de 2,55 semanas. Igualmente, para la actividad A4, con un 90% de probabilidad, la duración será mayor de 2,39 semanas y menor de 4,04 semanas.

En la Figura 9 representamos el valor del riesgo posible en el mes de noviembre, para cada periodo de tiempo. Incluimos la representación del valor máximo posible del riesgo para este mes y la representación del valor mínimo posible, con una probabilidad del 90%, en función de la incertidumbre de las actividades del camino crítico (formadas por A1, A4 y A7).

De esta manera, para nuestro proyecto modelo y, dependiendo de la incertidumbre que aportan las actividades, el riesgo en cada uno de los periodos estará situado entre las líneas de valor máximo y mínimo

Figura 9: Riesgo estacional – noviembre



El riesgo máximo del proyecto corresponderá con la duración máxima posible de A7 que, con un 90% de probabilidad, será de 10,39 semanas. Sabiendo que el impacto que ocasiona el riesgo en la actividad es del 25%, tendrá un posible retraso de $10,39 \times 25\% = 2,6$.

Pero además, el retraso producido, por encontrarse en zona con posibilidad de heladas, está sometido igualmente al riesgo. El resultado final del retraso máximo es de 3,25 semanas.

La representación del riesgo estacional de la simulación, representado en la Figura 9, parte de un valor constante igual a 3,25 semanas (riesgo máximo) hasta la semana 6,5 (tiempo máximo que tardará en comenzar la actividad A7, con un 90% de probabilidad). Durante este tiempo, en el que no se está ejecutando actividad A7, no se elimina riesgo, por eso el valor es constante durante ese periodo de tiempo.

A partir de ese instante, donde comienza la ejecución de A7, vemos que la gráfica comienza a descender, fruto de la eliminación paulatina del riesgo en cada periodo de tiempo.

El proyecto finaliza en la semana 20,23, habiendo eliminado completamente el riesgo, al finalizar la ejecución de la actividad A7.

De manera similar podemos representar la línea base de riesgos del riesgo mínimo posible.

En este caso, teniendo en cuenta la duración mínima estimada de las actividades, con un 90% de probabilidad. Durante la ejecución de las actividades A1 y A4 no se elimina riesgo, por lo que en este periodo observamos un valor constante de riesgo. En este caso, solo durante un tiempo de 4,04 semanas, que se corresponden con la duración mínima de ejecución de las actividades A1 y A4, con un 90% de probabilidad.

A partir de este momento comienza la ejecución de A7, pero ahora suponemos que esta será la mínima posible (con un 90% de probabilidad), por lo tanto de 6,51 semanas. El retraso correspondiente a este tiempo será de 2,03 semanas, y la duración total de la actividad A7, con el posible retraso será de 8,54 semanas.

Finalmente podemos afirmar que la línea base de riesgos del proyecto, para cualquier simulación que realicemos, estará comprendida entre las representaciones que hemos indicado. En la Figura 9 se ha incluido la obtenida en la simulación del mes de noviembre.

6. Conclusión

En este trabajo, ampliamos la investigación llevada a cabo por Pajares y López-Paredes (2010) y posteriormente en Acebes et al. (2010). Proponemos un sistema gráfico para integrar las metodologías del valor ganado y análisis de riesgos.

Mediante este sistema gráfico de control, los directores de proyectos podrán tomar decisiones más fácilmente, ya que pueden deducir mediante una simple observación si el proyecto está dentro del rango de variabilidad estimado y si se encuentra detrás o por delante de lo previsto.

Hemos integrado el estudio de un riesgo estacional en nuestro análisis de incertidumbre. Con las simulaciones efectuadas y con la representación de la Línea Base de Riesgos, determinaremos el riesgo existente del proyecto en función de la fecha de comienzo del mismo.

Finalmente hemos comprobado como puede variar la duración de un proyecto donde una de sus actividades está afectada por la existencia de un riesgo, debido a la propia incertidumbre de dicha actividad. Es esta incertidumbre la que puede alargar o acortar la duración de la actividad y esta variación puede ocasionar que la ejecución de dicha actividad se produzca en zona con existencia de riesgo y por lo tanto, con posibilidad de ocasionar un retraso en el proyecto.

Una vez analizado un riesgo estacional en una actividad crítica del proyecto, se puede ampliar la investigación incluyendo otros tipos de riesgos (no sólo estacionales) y además, riesgos que afecten a varias actividades. De esta manera se obtendría una Línea Base de Riesgos completa y se podría realizar el seguimiento del proyecto considerando dichos riesgos y la incertidumbre de las actividades aplicando el gráfico de control propuesto y utilizado en esta investigación.

7. Agradecimientos

(1) "Computational Methods for Managing Multi-project Environments", supported by the Regional Government of Castile and Leon, with grant "ABACO:GEMA VA006A09"; (2) "Agentbased Modelling and Simulation of Complex Social Systems (SiCoSSys)", supported by the Spanish Council for Science and Innovation, with grant TIN2008-06464-C03-02; and (3) GR251/09 supported by "Junta de Castilla y Leon Excellence Research Groups".

8. Referencias

Acebes, F., Pajares, J., López-Paredes, A., "Estudio del Schedule Control Index para el control integrado de plazo en Proyectos". XIV International Congress on Project Engineering, Madrid (2010)

Cagno, E., Caron, F., Mancini, M. "A multidimensional analysis of major risks in complex projects". Risk Management, 9, 1, pp. 1-18. (2007)

Herroelen, W.. "Generating robust project baseline schedules". Tutorials in operations research. Informs. New Orleans. (2005)

Pajares, J., López-Paredes, A. "An extension of the EVM analysis for project monitoring: The Cost Control Index and the Schedule Control Index". International Journal of Project Management, 29 (5), pp: 615–621

Vanhoucke M., "On the dynamic use of project performance and schedule risk information during project tracking". Omega (2010), doi:10.1016/j.omega.2010.09.006

Correspondencia (Para más información contacte con):

Grupo INSISOC. Universidad de Valladolid

Phone: +34 983 42 33 36

Fax: +34 983 42 33 10

E-mail : adolfo@insisoc.org; pajares@insisoc.org; facebes@yahoo.es

URL : <http://www.insisoc.org>