



UNIVERSIDAD NACIONAL
AVENIDA DE
MEXICO

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

**PROGRAMA DE MAESTRIA Y DOCTORADO EN
INGENIERIA**

FACULTAD DE QUIMICA

**Metodología para la evaluación de riesgos en licitaciones de
proyectos industriales, aplicando lógica difusa.**

T E S I S

QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:

MAESTRO EN INGENIERIA

ING. DE SISTEMAS - INGENIERÍA Y ADMON. DE PROYECTOS

P R E S E N T A :

ÁNGEL RAMÓN HERNÁNDEZ MARTÍNEZ

TUTOR:

M. en C. LETICIA LOZANO RÍOS

2006





Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

JURADO ASIGNADO:

Presidente: M.I. Villanueva Moreno Carlos
Secretario: M. en C. Torres Domínguez Hector
Vocal: M. en C. Lozano Ríos Leticia
1^{er.} Suplente: M.I. Millán Velasco Ezequiel
2^{do.} Suplente: M.I. Aguilar González Jorge Luis

Lugar o lugares donde se realizó la tesis:

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

TUTOR DE TESIS:

M. en C. LETICIA LOZANO RÍOS

FIRMA

DEDICATORIA:

A mis padres como muestra del cariño y respeto que siento por ellos.

Con especial afecto a mi hermano Luís Joel que se ha incorporado a las filas preparatorias de la UNAM.

Con cariño a mis hermanas por enorme paciencia y comprensión.

Con toda ternura y con todo mi corazón a mi bellísima esposa Ana Lilia.

AGRADECIMIENTOS:

A mi universidad, la siempre gloriosa UNAM, por todo lo que me ha dado a través de sus aulas y sus profesores.

A CONACYT por su confianza y apoyo para la realización de mis estudios de Maestría y la redacción de la tesis.

A mi tío Lorenzo y su esposa Tere, por haber sido los primeros en impulsarme y apoyarme en mis estudios.



Capítulo	Título	Página
1.	Introducción	
	1.1 Preguntas generales al problema.	2
	1.2 Problema	2
	1.3 Preguntas prácticas al problema	3
	1.4 Hipótesis	4
	1.4.1 Preguntas a la Metodología para aceptar o rechazar la hipótesis.	
	1.5 Objetivo	5
	1.6 Alcance	5
	1.7 Estructura de la tesis	6
2.	Riesgos en los proyectos	
	2.1 Antecedentes	7
	2.2 Conceptos que se confunden con riesgo	8
	2.3 Definición de riesgo	9
	2.4 Implicaciones del riesgo	10
	2.5 Clasificación del riesgo	12
3.	Administración del riesgo	
	3.1 Definición de administración	17
	3.2 Definición de riesgo	17
	3.3 Administración o control del riesgo	18
	3.4 Etapas de la administración de riesgos.	20
	3.4.1 Identificación de los riesgos	21
	3.4.1.1 Lista de verificación.	21
	3.4.1.2 Entrevista a especialistas.	21
	3.4.1.3 Método Delphi	21
	3.4.1.4 Resultados de la identificación de riesgos.	22
	3.4.2 Clasificación de los riesgos	22
	3.4.3 Cuantificación y Evaluación de los riesgos	22
	3.4.3.1 Cuantificación	22
	Valor monetario esperado	23
	Sumas estadísticas	23
	Simulación monte Carlo con ayuda de datos empíricos	23
	Árbol de decisión	24
	Diagramas de influencias	24
	Juicios de expertos	25
	3.4.3.2 Evaluación.	25
	3.4.4 Respuesta al riesgo.	25
	3.4.5 Elaboración de planes preventivos y de contingencia.	26
	3.4.6 Monitoreo de los escenarios previstos	27
	3.4.7 Validación de los escenarios previstos con los hechos de la realidad	28
	3.4.7.1 Ajustes o reafirmación de lo previsto	28
	3.4.8 Seguimiento a la respuesta al riesgo	28



Capítulo	Título	Página
	3.5 Etapas de un proyecto	29
	3.5.1 La primer etapa de un proyecto	31
	3.5.2 La segunda etapa de un proyecto	31
	3.5.3 La tercer etapa de un proyecto	32
	3.6 La licitación y sus etapas	32
	3.6.1 Orígenes de la licitación.	32
	3.6.2 Características de las licitaciones.	33
	3.6.3 Ventajas y desventajas de la licitación.	34
	3.6.4 Etapas del proceso de licitación.	35
	3.6.4.1 Etapa de definición.	35
	3.6.4.2 Convocatoria	36
	3.6.4.3 Etapa de aclaratorias.	36
	3.6.4.4 Etapa de precalificación.	36
	3.6.4.5 Etapa de presentación, apertura y análisis de ofertas.	37
	3.6.4.6 Etapa de declaratoria del participante ganador.	37
	3.6.4.7 Etapa de Negociación y firma del contrato.	38
4.	Lógica difusa	
	4.1 Introducción	39
	4.2 Historia	40
	4.3 Conceptos básicos de lógica difusa	41
	4.3.1 Conjuntos difusos	52
	4.3.2 Acerca de los conceptos imprecisos....	42
	4.3.3 Cardinalidad de los conjuntos difusos	44
	4.3.4 Funciones de pertenencia	46
	4.3.5 Operaciones	52
	4.3.6 Las etiquetas lingüísticas y operadores	53
	4.3.6.1 Etiquetas tipo I	54
	Mas o menos	54
	Ligeramente	54
	Clase de...	54
	Regular	54
	4.3.6.2 Etiquetas tipo II	55
	4.3.7 Evaluación sintética difusa	56
	4.3.8 Toma de decisiones multiobjetivo	56
5.	La lógica difusa en la evaluación del riesgo, descripción de la metodología.	
	5.1 Introducción	57
	5.2 Administración de riesgos	59
	5.3 Algoritmos	62
	5.4 Etapas de la metodología	63
	5.4.1 Paso 1: Identificación de riesgos.	63
	5.4.2 Paso 2: Creación de curvas de pertenencia	65
	5.4.3 Paso 3: Creación de la matriz de evaluación	69



Capítulo	Título	Página
	5.4.4 Paso 4: Evaluación de la situación.	71
	5.4.5 Paso 5: Evaluación del riesgo.	73
	5.4.6 Funciones matemáticas de la red.	74
6.	Caso de estudio	
	6.1 Introducción.	75
	6.2 Descripción del proyecto.	75
	6.2.1 Planificación y urbanización.	76
	6.2.2 Edificaciones	76
	6.2.3 Plantas de Proceso	77
	6.2.4 Almacenamiento y Carga de Azufre	78
	6.2.5 Servicios Auxiliares	78
	6.2.5.1 Vapor	78
	6.2.5.2 Gas combustible.	78
	6.2.5.3 Gas de arranque.	78
	6.2.5.4 Desfogue.	78
	6.2.5.5 Aire de Instrumentos y de plantas.	79
	6.2.5.6 Energía Eléctrica.	79
	6.2.5.8 Metanol.	79
	6.2.5.9 Equipo de dosificación de químicos.	79
	6.2.5.10 Agua de servicios.	80
	6.2.6 Telecomunicaciones.	80
	6.2.7 Sistemas de seguridad y protección.	80
	6.3 Alcance del caso de estudio.	81
	6.4 Identificación de riesgos.	82
	6.5 Evaluación de riesgos.	87
	6.5.1 Curvas de pertenencias.	88
	6.5.1.1 Riesgo económico.	88
	Inflación.	88
	Incertidumbre financiera.	89
	6.5.1.2 Riesgo contractual.	91
	Por pagos no efectuados.	91
	Coordinación no funcional.	92
	6.5.1.3 Riesgo político.	93
	Actos gubernamentales y regulaciones nuevas.	93
	6.5.1.4 Riesgo administrativo.	94
	Productividad.	94
	Calidad.	95
	Seguridad.	96
	6.5.1.5 Riesgo en la construcción.	96
	Incertidumbre en la calidad de la mano de obra.	96
	Incertidumbre en el equipo.	97
	Incertidumbre en el material de construcción.	98
	Construcción defectuosa.	98



Capítulo	Título	Página
	Accesos inutilizados.	99
	Variación en el volumen de obra.	100
	6.5.2 Matrices de evaluación.	101
	6.5.2.1 Riesgo económico.	101
	6.5.2.2 Riesgo contractual.	101
	6.5.2.3 Riesgo político	101
	6.5.2.4 Riesgo administrativo.	101
	6.5.2.5 Riesgo de construcción.	102
	6.5.3 Matrices de “valores de pertenencia” por tipo de riesgo.	103
	6.5.3.1 Riesgo económico.	103
	6.5.3.2 Riesgo contractual.	103
	6.5.3.3 Riesgo político.	103
	6.5.3.4 Riesgo administrativo.	103
	6.5.3.5 Riesgo de construcción.	104
	6.5.4 Evaluación de la situación.	105
	6.5.4.1 Riesgo económico.	105
	6.5.4.2 Riesgo contractual.	105
	6.5.4.3 Riesgo político.	105
	6.5.4.4 Riesgo administrativo.	105
	6.5.4.5 Riesgo de construcción.	106
	6.5.5 Resultados de la evaluación.	107
	6.5.5.1 Riesgo económico.	107
	6.5.5.2 Riesgo contractual.	107
	6.5.5.3 Riesgo político.	107
	6.5.5.4 Riesgo administrativo.	107
	6.5.5.5 Riesgo de construcción.	107
	6.5.6 Conclusiones particulares.	108
	6.5.7 Valores posibilístico de cada riesgo.	109
	6.5.8 Segunda capa en la evaluación de Riesgos.	109
7.	Conclusiones	
	7.1 Estructura de la conclusiones.	113
	7.2 Acerca del caso de estudio	113
	7.3. Conclusiones relativas a la metodología propuesta.	115
	7.4 Conocimientos obtenidos en el proceso.	118
	7.5 Aportaciones.	119



Anexo	Título	No. de Págs.
1	Ejemplo de generación de un curva de pertenencia.	10
2	Generalidades del riesgo.	4
3	Estado del arte sobre la evaluación de riesgos	25
4	Definiciones de Administración	1
5	Glosario	2
6	Bibliografía	3



Desde el génesis de la humanidad, esta se ha enfrentado a la incertidumbre y al riesgo que el futuro guarda celosamente para ella. Desde el inicio, el hombre tiene en continua apuesta su existencia ante la incertidumbre y el riesgo.

En la época de las cavernas, el hombre asumía grandes riesgos al momento de conseguir su alimento, su permanencia en este mundo dependía, día con día, de su audacia para enfrentar el riesgo y salir vivo de tal enfrentamiento. Esto ha seguido inalterable a través de los tiempos.

Podríamos decir, sin argumentar más, que el gran motor del avance global de la humanidad se lo debemos a las necesidades que nos han obligado a enfrentar diversos tipos de riesgos y a la capacidad del hombre para sortearlos con éxito.

Basándose en los párrafos anteriores podemos suponer que el riesgo es una oportunidad de evolución, y no una amenaza como a veces se piensa.

Si una empresa sigue subsistiendo en la actualidad es por que de alguna manera ha aprendido asumir los riesgos de su mercado. Sin embargo, este aprendizaje en la mayoría de las empresas no es consciente ni metódico. Esto es, han confiando más en sus sentidos mezclados con sus sentimientos, que en la elaboración de un proceso lógico y ordenado que les ayude a generar un aprendizaje significativo para enfrentar el riesgo.

Es necesario por lo tanto, generar algoritmos que ayuden a enfrentar los riesgos y la incertidumbre. Estos algoritmos deberán ser susceptibles de utilizarse en etapas previas a la toma de decisiones, etapas que se caracterizan por contar con escasa o nula información confiable; por ejemplo, la etapa de licitación de un proyecto de la industria química.

Guiado por esta creencia es que presento este trabajo de titulación, mismo que pretendí crear con la calidad que exige el nivel académico del grado que prendo obtener y con el rigor con que la UNAM exige en todo trabajo hecho por su alumnado.

Por lo que siguiendo ese rigor ya mencionado, iniciaré por puntualizar el problema de estudio del presente trabajo. Para esto es necesario hacernos algunas preguntas generales como las siguientes.



1.1 Preguntas generales al problema.

¿Qué es el riesgo?

¿Es el riesgo factible de evaluación?

¿Existen metodologías completas, previamente establecidas?

¿Cómo se debe evaluar el riesgo cuando la información es escasa?

¿Es necesario establecer una metodología nueva o solo se debe adaptar alguna, ya establecida?

Las preguntas anteriores no tienen respuesta cortas, por lo que las iré contestando durante la redacción de los capítulos subsecuentes. Mientras tanto sintetizaré las respuestas en el siguiente enunciado, el cual es el problema a enfrentar.

1.2 Problema

“No existe, en la actualidad, un modelo capaz de evaluar de forma cualitativa al riesgo cuando la información es escasa, tan escasa como en unas bases de licitación”

Las preguntas generales del problema nos ubican en el ámbito en que se desarrolla este trabajo de investigación, pero aún es insuficiente el grado de precisión presentado, por lo que es necesario hacernos más preguntas que ayuden a matizar el problema y encontrar una hipótesis de investigación.



1.3 Preguntas Prácticas al Problema

¿Cómo se mide el riesgo actualmente?

¿Qué riesgos se deben medir durante un proyecto?

¿Qué etapa del proyecto es la más adecuada para medir el riesgo?

¿Cuáles son las técnicas más completas para medir el riesgo?

¿Los modelos vigentes permiten administrar el riesgo en forma; Preventiva o Reactiva?

¿Son suficientes las técnicas y/o modelos, vigentes, para medir y administrar el riesgo durante un proyecto?

¿Cuál es la información básica necesaria, (Mínima), para medir el riesgo?

¿Se podrá medir el riesgo desde la etapa inicial de una licitación?, ¿Es conveniente?

Estas preguntas, también serán desarrolladas en los capítulos posteriores, por el momento sintetizaré un pregunta concreta a resolver en este trabajo, lo que me llevará a diseñar la metodología que propondré más adelante.

¿Cómo medir el riesgo con la escasa información con la que se cuenta al momento de publicarse una licitación?

Y como premisa supondré lo siguiente:

El riesgo se puede cuantificar con poca información de inicio, siempre y cuando se cuenten con parametrizaciones adecuadas de variables clave, las cuales compararemos con algunos estándares estadísticos previamente creados.

Ahora sabemos que para resolver nuestro problema es necesario realizar parametrizaciones, pero aún no sabemos como, aún necesitamos precisar más nuestro problema para hallar nuestra hipótesis.



Con lo anterior surgen las siguientes preguntas, aun mucho más específicas que las anteriores:

¿Es posible y además necesario; Aplicar la lógica difusa para cuantificar el riesgo? De ser afirmativa la pregunta anterior, ¿Cómo se puede organizar y tratar la información disponible para modelar el análisis de riesgo, usando lógica difusa?

De acuerdo a varios investigadores en el campo de lógica difusa se puede asegurar que:

La lógica difusa nos permitirá establecer formatos previos, – Estándares de medición – , a partir de la información disponible sobre las variables necesarias para cuantificar el riesgo. Además nos dará las pautas para su organización, alimentación y modelo matemático o algoritmo a seguir para alcanzar una cuantificación lógica.

A partir de lo anterior, podemos generar la siguiente hipótesis de investigación.

1.4 Hipótesis

“La lógica difusa cuenta con herramientas adecuadas, que se presentan como una opción prometedora para evaluar al riesgo eficazmente de forma cualitativa, empleando la probabilidad o la incertidumbre de las variables”.

Para comprobar la certeza de nuestra hipótesis es necesario desarrollar una serie de preguntas a resolver.



1.4.1 Preguntas a la Metodología para aceptar o rechazar la hipótesis.

¿Se podrá manejar la información disponible a través de niveles jerárquicos para formar una red de modelado?

¿Cómo se van a construir las funciones de pertenencia entre los grupos de variables tan disímolas como: Variables técnicas, variables logísticas, variables económicas, variables ecológicas, variables sociales y variables políticas?

¿Cómo establecer mecanismos adecuados para saber qué variables considerar en cada caso?

¿Cuáles deben ser las principales fuentes de información a considerar: Expertos, información histórica, información bibliográfica; Manuales, revistas especializadas, informes técnicos, etc.?

1.5 Objetivo

Desarrollar una metodología capaz de manejar conjuntos y operadores difusos, que sirva como herramienta de apoyo para que un concursante evalúe los diferentes riesgos del proceso de ejecución de un proyecto, al momento de realizar una licitación.

1.6 Alcance

Resulta lógico pensar que una metodología como la pretendida, deberá ser algo compleja y extensa por lo que se deberá desarrollar una aplicación de computadora que ayude a realizar y organizar todos los cálculos requeridos. El alcance del trabajo solo se limitará al desarrollo matemático de la metodología sin entrar al terreno de la programación, debido a lo extenso del proyecto.



1.7 Estructura de la tesis

La estructura del presente trabajo de investigación queda ya preestablecido con las preguntas planteadas con anterioridad.

Comenzamos con el presente capítulo, en donde se dio una breve introducción al trabajo de tesis, Problema, hipótesis, objetivo y alcance.

En el segundo capítulo se abordará lo que es el riesgo, su definición, sus implicaciones y el papel que juega en un proyecto determinado.

El tercer capítulo incluirá la administración del riesgo y/o el control del riesgo, medidas preventivas, medidas de contingencias, consecuencias e impacto del riesgo.

El cuarto capítulo abarcará sobre lógica difusa, su inicio y evolución, así como su campo de aplicación y técnicas.

En el quinto capítulo se planteará la forma en que es posible utilizar la lógica difusa en la evaluación del riesgo y se describirá la metodología desarrollada en el presente trabajo de investigación, número de etapas, pasos a seguir, algoritmos y expresiones matemáticas a utilizar.

En el sexto capítulo se desarrollará un caso de estudio seleccionado, para mostrar la aplicación y el funcionamiento de la metodología desarrollada, se mostrarán las evaluaciones de cada uno de los riesgos.

En el séptimo y último capítulo se analizarán los resultados obtenidos y se emitirán conclusiones sobre la nueva metodología.



2.1 Antecedentes

En la introducción se resaltó el hecho de que las civilizaciones, la humanidad y el hombre de forma individual se han tenido que enfrentar al riesgo y a la incertidumbre que guarda el futuro. Este enfrentamiento ha generado diferentes formas de ver y de plantarse el riesgo.

Los antecedentes encontrados para este trabajo de tesis nos hablan de dos puntos de vista sobre el riesgo, diametralmente opuestos: Para los latinos, la palabra riesgo es proveniente del antiguo latín “risicare” que significa: atreverse y para los cuales simbolizaba enfrentar una amenaza o afrontar un miedo interno¹, mientras que para los árabes la palabra riesgo significa un regalo divino², para demostrar su tenacidad o para mejorar sus habilidades.

[²]

En la actualidad existen dos connotaciones a la palabra riesgo, ambas se inclinan por una interpretación de algo negativo.

Por un lado tenemos la evocación proveniente de la palabra “risque” del francés moderno que ocasionalmente tiene connotaciones positivas como en la expresión; “ningún riesgo, ninguna ganancia”.

La segunda evocación proveniente de la palabra “risk” del Inglés que rememora una exposición a un daño. En México se adoptó esta última percepción.

El diccionario Oxford define el riesgo como la posibilidad de daño, consecuencias malignas y pérdidas. El diccionario Webster's también enfatiza los aspectos negativos refiriéndose a la posibilidad de pérdidas, daños, desventajas o destrucción. [²]

En el ámbito del castellano tenemos la definición del diccionario editado por la real academia española y el diccionario ilustrado Espasa, en donde la connotación de riesgo es idéntica al diccionario Webster's.

De acuerdo a la definición del diccionario, habría que medir tanto la posibilidad de enfrentar pérdidas como la magnitud de tales pérdidas para poder hablar de los riesgos, lo que nos lleva al tema de la cuantificación de la posibilidad y de la magnitud del riesgo.

Sin embargo la palabra riesgo suele emplearse incluso en el caso de que la probabilidad no sea cuantificable, confundiéndola con el concepto de incertidumbre, por lo que se debe hacer una distinción entre ambos conceptos.

¹ L. Anneo Séneca. “Cartas a Lucilio”

² Dr. Escobar Toledo. Apuntes “Modelos para afrontar el riesgo y la incertidumbre: el caso de la evaluación de proyectos”



[³]

La incertidumbre es el desconocimiento o conocimiento incompleto de las consecuencias de una decisión tomada. Toda acción resultante de una decisión tomada comprende consecuencias cuyas distribuciones de probabilidades pueden conocerse objetivamente. En este caso preciso, ya no se habla de incertidumbre, sino de riesgo. La distinción tiene sentido económico, puesto que una probabilidad cuantitativamente determinada puede ser reducida a certidumbre mediante la agrupación de los casos. [³]

2.2 Conceptos que se confunden con riesgo

Generalmente se confunde riesgo con peligro, sin embargo el peligro es la capacidad intrínseca de una sustancia o la potencialidad de una situación física para ocasionar daños a las personas, los bienes ó el medio ambiente⁴. Esto es, el peligro solo se refiere a las consecuencias potenciales del evento. El riesgo sería el peligro por su probabilidad.

También es común confundir riesgo con incertidumbre, esto ya se mencionó con anterioridad, sin embargo no esta demás reiterar que la incertidumbre se refiere a la ausencia de información o información incompleta o imperfecta. Se estará en incertidumbre cuando no se pueda saber de forma completa o parcial las consecuencias de una decisión tomada. Esto significa que no se cuenta con la probabilidad de las posibles consecuencias o incluso, cuando no se conocen las propias consecuencias.

Pero también se puede decir que estamos en incertidumbre, cuando a dos posibles escenarios les asignamos una probabilidad de ocurrencia del 50% a cada uno de ellos, esto es que cualquiera de los dos eventos es igualmente factible de suceder. En este caso sería lo mismo decir que no se cuenta con probabilidades, en ambas situaciones tenemos la misma incertidumbre. Por lo anterior no es conveniente tener probabilidades iguales entre eventos o escenarios. Este tema se profundizará posteriormente.

³ Dr. Escobar Toledo. Apuntes "Modelos para afrontar el riesgo y la incertidumbre: el caso de la evaluación de proyectos"

⁴ CPR 14E. The Yellow Book. "Methods for the calculation of the physical effects of the escape of dangerous material (Liquids and gases)". Parts I and II. TNO. 2000.



2.3 Definición de riesgo

En el anexo 2 de este trabajo se citan algunas definiciones aceptadas en nuestro país del riesgo, éstas definiciones se pueden sintetizar en el siguiente párrafo:

Un riesgo es la combinación de: **La probabilidad** de que un evento indeseado ocurra **y** de; **Las consecuencias** que se pudiesen presentar como resultado del evento indeseado⁵, esto es:

$$\text{RIESGO} = \text{PROBABILIDAD} \times \text{CONSECUENCIAS}$$

Esta definición presenta dos rasgos importantes, el primero es que considera al riesgo como un evento indeseado y que se necesita de la probabilidad del evento, al igual que la magnitud de las consecuencias, sin estos dos datos no es factible cuantificarlo.

Como se ha venido manejando hasta ahora, en este trabajo no se considerará al riesgo solo como algo maligno o indeseable, también se considera la idea árabe que lo considera un regalo divino. Un tomador de decisiones, sea cual sea su puesto, debe estar consiente de que el riesgo es inherente a la toma de decisiones, es inherente al desarrollo de la empresa en que labora y es inherente a la vida.

No podemos cerrar los ojos ante el riesgo y pensar que éste no existe. Es necesario evaluarlo y clasificarlo para elegir el mejor riesgo o el más benigno.

Por otro lado, sabemos que no siempre es posible contar con datos de probabilidad para cada evento, dicho en otra forma, la incertidumbre se suscita con mucha mayor frecuencia que la certidumbre que dan las probabilidades. Por esto la definición de riesgo, en este trabajo será la siguiente:

Un riesgo es la combinación de; la probabilidad o la medida de la certidumbre de que un evento ocurra y de las consecuencias positivas o adversas, que se pudiesen presentar como resultado del evento dado.

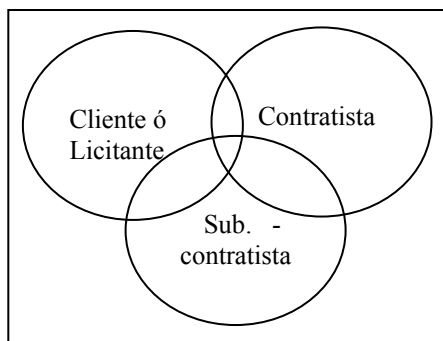
⁵ Stones and Webster Engineering Corporation. "Risk Assessment and Risk Management For The Chemical Process Industry". Editado por Harris R. Greenberg y Joseph J. Crecer. Van Nostrand Reinhold . New Cork . 1991.



2.4 Implicaciones del riesgo

Un proyecto se divide en varias etapas, las cuales inician con la licitación del proyecto la cual inicia a su vez, en el momento en que la convocatoria es publicada. A partir de este suceso comienza una competencia de mercado entre varias firmas interesadas en adjudicarse la asignación del proyecto y al mismo tiempo se comienzan a correr algunos riesgos.

La repartición del riesgo puede ser como se muestra en el siguiente diagrama:



En donde las intersecciones están formadas por aquellos riesgos comunes entre las partes. En casos ideales el área de las intersecciones deberían ser iguales, sin embargo en la realidad siempre existe algún participante que asume mayores riesgo, esto se determina en la etapa final de la licitación, es decir en la negociación y elaboración del contrato.

Por esta razón es vital para los tres partes involucradas en el proyecto el identificar y evaluar los riesgos del proyecto, — licitante, licitador y subcontratista —, para asumir los mínimos necesarios, en caso de que éstos sean desfavorables a sus intereses.

Resulta evidente que las posibles consecuencias o escenarios que conlleva cada riesgo son parte de sus implicaciones. Y estas se les puede clasificar en diversos tipos de acuerdo a nuestro interés, por ejemplo: En la normatividad de la Secretaría del Trabajo, en México, se le clasifica como:

- Mortales
- Incapacitantes
- Graves
- Leves



De igual manera, cada organismo, interesado en la identificación y evaluación de riesgos, da su propia clasificación entorno a las consecuencias de los riesgos. Y pese a esto existe consenso sobre que; la mejor manera de clasificar las consecuencias de un evento es mediante su impacto económico.

El Project Management Institute en su guía del 2002⁶ recomienda utilizar una escala económica que coloque, por clases, las posibles consecuencias o implicaciones de un riesgo determinado, en el anexo 2 se muestra un ejemplo de este tipo de escala.

Sin embargo cada clasificación depende de la tolerancia de la empresa o instituto que la emite. En algunos casos es posible solo observar lo dispuesto por la ley vigente, ya que lo estipulado por normatividad o ley no tiene mayor discusión simplemente hay que observarlo. Lo difícil se encuentra en aquellos casos donde la ley o la normatividad aún no interviene, por ejemplo; aún no esta normado cuanto dinero debe arriesgar una firma en la obtención de información sobre sus competidores, esto depende claramente de la capacidad económica de cada empresa.

Cada ente tiene una percepción diferente de los riesgos y más aún de sus consecuencias, por esta razón es necesario clasificar las consecuencias de los riesgos en aceptables o no aceptables. La siguiente tabla nos muestra que podemos tener cuatro escenarios, dos de los cuales son triviales, pero otros dos solo dependen de la tolerancia al riesgo de cada empresa. Es en estos dos escenarios en donde una metodología cuantitativa en términos económicos, adecuada adquiere mayor relevancia.

	Consecuencias Graves	Consecuencias Ligeras
Probabilidad Alta	Riesgo Inaceptable	Depende de la Tolerancia al riesgo
Probabilidad Baja	Depende de la Tolerancia al riesgo	Riesgo Aceptable

Para nuestra metodología utilizaremos como medida de las consecuencias de un riesgo los recursos económicos necesarios para su mitigación o compensación.

⁶ Project Management Institute. PROJECT MANAGEMENT BODY OF KNOWLEDGE (PMBOK Guide), 2002.



2.5 Clasificación del riesgo

[⁶]

Se puede hacer distinción entre los riesgo que son inherentes al mercado y los que son inherentes a la propia organización, atribuyéndoles las siguientes características⁷:

- Riesgos Externos; Dependen de factores externos como; el mercado, la competencia, el clima, la política, las leyes, etc. Y no son susceptibles de un control, solo de una administración del riesgo.
- Riesgos Internos; Dependen de factores inherentes a la organización interna de las empresas como; los retrasos por un mal ambiente laboral, burocracia excesiva en la transferencia de información, etc. Y son susceptibles de control del riesgo, es decir, la empresa tiene ingerencia sobre su minimización o maximización. [⁶]

La clasificación anterior nos ayudará a distinguir entre aquellos riesgos que pueden ser controlados y aquellos que solo pueden ser administrados, en el tercer capítulo se profundizará sobre esta distinción. Sin embargo esta no es la única clasificación útil que se puede hacer.

[⁷]

Los riesgos pueden ser clasificados en diferentes tipos, de acuerdo a su campo de inferencia, como : Riesgo operativo, riesgo financiero, riesgo de mercado⁸, etc.

El riesgo de mercado se entiende como la pérdida que puede sufrir un inversionista debido a la diferencia en los precios que se registran en el mercado o en movimientos de los llamados factores de riesgo (tasas de interés, tipos de cambio, etc.). También podríamos definirlo con mayor formalidad como; la posibilidad de que el valor presente neto de un portafolio se mueva adversamente, ante cambios en las variables macroeconómicas que determinan el precio de los instrumentos que componen una cartera de valores.

El riesgo de crédito es el más antiguo y probablemente más importante que enfrentan los bancos. Se podría definir como la pérdida potencial que es consecuencia de un incumplimiento de la contraparte en una operación que incluye un compromiso de pago.

El riesgo de tasas de interés y liquidez se refiere a las pérdidas que puede sufrir una institución por movimientos adversos en tasas de interés. Los bancos son muy sensibles a las variaciones en las tasas de interés, y el manejo de activos y pasivos

⁷ Garduza Madrigal Samara. PROPUESTA DE UNA METODOLOGIA PARA UN SISTEMA DE ADMINISTRACION DE RIESGOS DE PROYECTOS INDUSTRIALES, Tesis de Maestría, UNAM, México, 2004.

⁸ José Andrés Dorta Velásquez, LA EVALUACION DE RIESGOS COMO COMPONENTE BASICO DEL CONTROL INTERNO, (Una aplicación de las fuentes de financiación de la ULPGC), Tesis de Maestría, ULPGC, España, 2004.



se convierte en una de las ramas de la administración de riesgos que cubre este aspecto.

El riesgo de liquidez se refiere a la imposibilidad de transformar en efectivo un activo o portafolio (imposibilidad de vender un activo en el mercado). Este riesgo está presente en situaciones de crisis cuando en los mercados únicamente hay vendedores pero no compradores.

El riesgo legal se refiere a la pérdida que se podría sufrir en caso de que exista incumplimiento de una contraparte y en esa transacción no se pudiera exigir por la vía jurídica, cumplir con los compromisos de pago. Se refiere a operaciones que tengan algún error de interpretación jurídica o alguna omisión en la documentación.

El riesgo operativo es un concepto muy amplio y está asociado a fallas en los sistemas, procedimientos, en los modelos o en las personas que manejan dichos sistemas. También está asociado a pérdidas por fraudes o por falta de capacitación de algún empleado de la organización.

También se atribuye este tipo de riesgo a las pérdidas en que puede incurrir una empresa o institución por la eventual renuncia de algún empleado o funcionario de la misma, que durante el período en que laboró en dicha empresa, concentró todo el conocimiento especializado en algún proceso clave. [7]

Podemos definir tantos tipos de riesgo como queramos; Riesgo contractual, riesgo político, riesgo sísmico. Pero para este trabajo en particular tomaremos solo 6 campo de inferencia:

- Riesgo Económico [8]
- Riesgo Contractual
- Riesgo Político
- Riesgo De construcción
- Riesgo Administrativo
- Riesgo Ecológico [8]

En el **riesgo económico** se considerarán los siguientes factores⁹:

- Inflación de:
 - Mano de obra
 - Equipos y materiales
 - Materiales estructurales
- Escasez de energía

⁹ Project Management Institute. PROJECT MANAGEMENT BODY OF KNOWLEDGE (PMBOK Guide), 2002.



- Fluctuación monetaria
- Incertidumbre financiera del:
 - Propietario
 - Contratista
 - Subcontratistas

En el **riesgo contractual** se considerarán los siguientes factores:

- Falla en el pago por parte del:
 - Cliente
 - Contratista
- Falla de coordinación por parte del:
 - Cliente
 - Contratista
 - Subcontratista
- Conflictos laborales actuales
- Conflictos laborales anteriores
- Sindicato no comprometido

En el **riesgo político** se considerarán los siguientes factores:

- Desorden público como:
 - Manifestaciones
 - Bloqueos
 - Guerras
- Políticas ambientales en materia de:
 - Agua
 - Aire
 - Suelo
 - Ruido
- Actos gubernamentales y regulatorios como:
 - Permisos
 - Cambio en los índices de impuestos

En el **riesgo de construcción** se considerarán los siguientes factores:

- Incertidumbre en la calidad de la mano de obra en:



- Habilidad
- Destreza
- Técnica

- incertidumbre en el equipo en la:
 - Disponibilidad
 - Integridad del equipo

- Incertidumbre en el material en su:
 - Disponibilidad
 - Seguridad e integridad

- Construcción defectuosa o incompleta

- Accesos inutilizados por:
 - Permisos
 - Identificación inadecuada

- Cantidad o variación en el volumen de obra

En el **riesgo de administrativo** se considerarán los siguientes factores:

- Incertidumbre en la productividad
 - Mano de obra
 - Equipo

- Incertidumbre de la calidad.
 - Control.
 - Variabilidad.

- Seguridad.

- Errores.

En el **riesgo ecológico**; se deberán considerar todos los impactos negativos que el proyecto pueda causar al medio ambiente del sitio en donde se desarrolle, y por consiguiente se deberán considerar los requerimientos que la ley marca para resarcir el daño. Por lo extenso del tema no se desarrollarán los factores que conformarán a este tipo de riesgo.

Con esto cinco grupos de riesgo, (sin contar al riesgo ecológico), se puede abarcar la totalidad de los riesgos generados en cada una de las etapas de un proyecto, pero si fuera necesario considerar otro tipo de riesgo es fácil integrarlo en cualquiera de las cinco categorías.



Por último, faltaría una clasificación en base a la factibilidad de contar o no con datos estadísticos para generar las probabilidades de ocurrencia de cada evento, necesarias para su cuantificación. Esta clasificación sería sencilla y costaría solo de dos categorías:

- **Eventos Riesgosos:** Escenarios o eventos de los cuales se tienen datos históricos o mecanismos adecuados para generar comportamientos probabilísticos e inferir su probabilidad. Este tipo de eventos se pueden cuantificar con la relación ya vista de:

Riesgo = Probabilidad x Consecuencias.

- **Eventos inciertos:** Escenarios o eventos de los cuales no se tienen datos históricos o mecanismos adecuados con los que se pueda generar su probabilidad de ocurrencia.



3.1 Definición de administración

Etimológicamente; la palabra “administración” es una palabra de origen anglo, que se forma con el prefijo “ad” que significa, – hacía –, y con ministratio; esta última palabra, a su vez proviene de minister, – vocablo compuesto de por “minus”, comparativo de inferioridad, y del sufijo “ter”, que funge como término de comparación –, así la palabra “minister” expresa, etimológicamente, subordinación u obediencia, contrarío a la palabra “magíster”, que significar mandar sobre otra voluntad. Paradójicamente la palabra administrar expresa la subordinación de la voluntad en pro de los intereses de un tercero, claro; esto etimológicamente hablando.

Pero la acepción moderna y popular de administración es más apegada al concepto de mandar y disponer de recursos al buen criterio personal. Lo anterior lo demuestran algunas definiciones modernas que se pueden consultar en el anexo 4 de este trabajo.

No obstante bajo el riesgo de rayar en la insolencia agregando una definición más al universo de las ya existentes, para el presente texto la definición de administración será la siguiente:

Proceso, de implicaciones sociales, que lleva consigo la responsabilidad de prever, organizar, asignar, coordinar y controlar en forma eficiente las acciones de una empresa, para lograr un propósito dado.

3.2 Definición de riesgo

En el capítulo II se concluyó que la definición de riesgo, para este trabajo será la siguiente:

Un riesgo es la combinación de la probabilidad o la medida de la certidumbre de que un evento ocurra y las consecuencias, positivas o adversas, que se pudiesen presentar como resultado del evento dado.



3.3 Administración o control del riesgo

Ahora contamos con la definición de “administración” y de “riesgo”, con lo que surge ahora la pregunta de, ¿Qué es la administración del riesgo?. Si pensemos solo en la combinación de ambas definiciones nos quedaría lo siguiente:

Proceso, de implicaciones sociales, que lleva consigo la responsabilidad de: Prever la probabilidad o medida de certidumbre de que un evento ocurra y de; Controlar las consecuencias que pudiesen presentarse como resultado del evento dado, a través de la asignación y coordinación de los recursos disponibles.

La definición anterior pudiera ser suficiente, sin embargo, al analizar las implicaciones de un riesgo, resulta ser una definición con puntos expuestos a debate. Recordemos que en el segundo capítulo se mencionó que al riesgo lo podemos clasificar de tres maneras.

- De acuerdo a su campo de ingerencia.
 - Riesgo económico
 - Riesgo ecológico, etc.
- De acuerdo a su naturaleza organizacional.
 - Riesgos internos; Dependen de factores inherentes a la organización.
 - Riesgos externos; Dependen de factores inherentes al mercado.
- De acuerdo a su naturaleza estadística.
 - Eventos riesgosos; En donde si se cuenta con información estadística.
 - Eventos inciertos: En donde no se cuenta con información estadística.

En la clasificación del riesgo de acuerdo a su naturaleza organizacional, se esta reconociendo de forma implícita que;

Existen riesgos que depende de la organización interna de la empresa y cuya probabilidad de ocurrencia puede ser alterada, modificando simple la organización de la empresa. Este tipo de riesgo son CONTROLABLES por que de acuerdo a las acciones que tomemos en torno a la organización de la empresa, podemos aumentar o disminuir su probabilidad de ocurrencia al igual que aumentar o disminuir sus consecuencias.

Como ejemplo tomemos el riesgo de especificar erróneamente, en la orden de compra, un equipo mayor, cuyas consecuencias para la empresa pueden ser de millones de dólares. Este riesgo es totalmente interno, depende solo de las acciones propias de la organización y es posible implementar mecanismos que



disminuyan la probabilidad de ocurrencia de este evento, como son las revisiones cruzadas por especialidad.

Pero existen, también aquellos riesgos que no dependen de la organización de la empresa y pese a las acciones que se tomen dentro de la misma empresa, estos riesgos no modifican su probabilidad de ocurrencia. Estos riesgos normalmente son riesgos propio del mercado, entendiendo como mercado al entorno de desenvolvimiento del giro de la empresa, incluyendo la competencia, normatividad, política local e internacional respecto al giro de la empresa, ambiente económico del giro de la empresa, etc.

Como ejemplo tomemos el riesgo de un aumento de precio en el material de construcción de la mayoría de los equipos, debido a causas del mercado mundial. Este es un riesgo que no está en manos de la empresa el influir, de manera directa, en la probabilidad de ocurrencia del evento.

Para este tipo de riesgo no es posible efectuar un control, en el sentido estricto de la palabra, pero si es posible prever los escenarios posibles y evaluar su impacto económico, (esto requiere de una evaluación cuantitativa), una vez previstos y evaluados dichos escenarios, es responsabilidad del encargado del proyecto en favorecer el escenario con menores consecuencias para la firma. En este caso no se está controlando nada, solo se están administrando los posibles escenarios que pudiesen presentarse, a través de la toma de decisiones. Para este tipo de riesgo se pueden usar los árboles de eventos o las simulaciones.

Es importante entender y manejar la diferenciación anterior, entre administrar o controlar el riesgo, sin embargo para fines prácticos se hablará de administración del riesgo entendiéndose que se está haciendo referencia, tanto al control como a la administración.



3.4 Etapas de la administración de riesgos.

La administración del riesgo pretende separar los diferentes tipos de riesgos en dos categorías, los riesgos aceptables y los riesgos no aceptables. La cuestión está en decidir qué tipo y nivel de riesgos estamos dispuestos a admitir en contrapartida a los beneficios que suponen podemos obtener.

Para esto la administración del riesgo hace uso de las siguientes etapas:

- **Identificación de los riesgos.** Proceso de estudio de una situación para identificar las áreas y las actividades de riesgo potencial. Identificar las fuentes de riesgos e incertidumbres de un proyecto.
- **Clasificación de los riesgos.** Proceso de estudio de los diferentes riesgos identificados, para clasificarlos y establecer o definir los criterios de medición de los mismos.
- **Análisis y Cuantificación de los riesgos.** Proceso en el cual se realiza el cálculo matemático de la probabilidad de ocurrencia de cualquier evento y su gravedad potencial, si este ocurre. En la parte del análisis se incluye la definición e implementación de procedimientos para medir, tanto la probabilidad como la gravedad de cada riesgo. El propósito, hasta este punto, descubrir las causas, efectos y magnitud de cada riesgo percibido o identificado, para examinar o desarrollar alternativas.

Cuando este punto no es factible de realización por la imposibilidad de la cuantificación, se sustituye este punto por la "Evaluación de los riesgos". Como este tema en específico no es tema de la tesis, se incluyó la información de este tema en el anexo 3 de este trabajo.

- **Respuesta al riesgo.** Incluye técnicas y métodos desarrollados para administrar o controlar el riesgo. No puede haber control o administración de los riesgos si no hay prevención para manejar los riesgos identificados. Esta etapa incluye tanto las medidas preventivas como las medidas de contingencia, las cuales están encaminadas a la minimización de los riesgos, pero también a la maximización de las oportunidades.
- **Seguimiento a la respuesta al riesgo.** Esta etapa, dentro de la metodología que se planteará en este trabajo, adquiere un lugar de importancia mayor. Toma en cuenta mecanismos para el seguimiento y documentación de los riesgos identificados, cuantificados y atendidos. Se trata de iniciar un registro histórico sobre las lecciones aprendidas en cada riesgo para refinar y aumentar la información disponible en el presente proyecto, pero también en la siguiente licitación.



Hay que hacer notar que la identificación, evaluación, administración o control y el seguimiento de los riesgos, inicia al momento de decidir participar en un proyecto. Y termina en el momento en que se entrega ese proyecto a manos de un tercero. Es un proceso dinámico que no termina hasta que termina el proyecto.

3.4.1 Identificación de los riesgos

El primer paso en un proyecto es el reconocer la necesidad de realizar un proyecto bajo el compromiso de mantener monitoreados los riesgos que pudiesen llevar al fracaso, dicho proyecto. Una vez conscientes de esta necesidad, tenemos que ver que herramientas o procesos existen para la identificación de los riesgos.

Lo más básico en esta etapa, pero también lo más recomendable, es una junta creativa con personal representativo de cada área involucrada, en la que se inicié la creación, a partir de una lluvia de ideas, de una lista de verificación. Sin embargo, ya existen algunas listas creadas que son de ayuda significativa.

3.4.1.1 Lista de verificación.

Son documentos en forma de lista, en donde se agrupan una gran variedad de riesgos asociados a una actividad específica. Son organizados y emitidos por entidades o empresas dedicadas al estudio de los riesgos en la industria, la economía, la política, etc. En el anexo A se anexa un ejemplo de una lista de verificación.

3.4.1.2 Entrevista a especialistas.

Otro método de identificación de riesgos es a través de una serie de entrevistas a especialistas en cada campo de conocimiento o en cada disciplina. Deben estar orientadas a la identificación de riesgo no observados o identificados en las actividades de planeación comunes.

3.4.1.3 Método Delphi

Es similar al método anterior, sólo que con mayor rigor. Se inicia con la selección de especialista en cada disciplina, pero estos especialistas deberán ser tanto internos a la empresa como externos. Se continua con una petición individual a cada especialista, para que realice una predicción anónima sobre los riesgos de su área. Por último; se realiza una retroalimentación a cada especialista compuesta por las predicciones de todo el equipo y se le pide hacer otra predicción basándose en la retroalimentación, el proceso se repite las vez que sea necesario hasta que las predicciones, entre especialistas, sean casi idénticas.

Existen algunas variantes sobre estas técnicas pero todas se basan en el mismo principio, preguntarle al que sabe.



3.4.1.4 Resultados de la identificación de riesgos.

No sólo se espera que esta etapa arroje un listado de riesgos, si no que arroje también las posibles fuentes de los mismos, síntomas de situaciones que pudieran, en un caso determinado, convertirse en riesgosas. En pocas palabras, se espera que arroje un diagnóstico.

Las fuentes de los riesgos son acciones comunes susceptibles de generar riesgos como pueden ser; Cambios en los requerimientos, Errores en actividades básicas, omisiones por pensar que la situación es obvia, conformación de un equipo sin la capacidad suficiente para la tarea encomendada, etc.

En cambio los síntomas son manifestaciones indirectas de eventos de riesgo como; Equipos de trabajo sin empatía o compromiso por la tarea encomendada, desanimo por el proyecto, chismes, etc.

3.4.2 Clasificación de los riesgos

Es recomendable fijar un número finito de categorías para agrupar los diversos riesgos a identificar. Estas categorías pueden ser tan simples como: Riesgos internos y riesgos externos, sin embargo pudiera no ser suficiente en determinado momento, por lo que es más fácil generar categorías de acuerdo a la naturaleza de su campo de ingerencia como; Riesgo ecológico, Riesgo operativo, etc., etc.

El hacer esta clasificación desde el inicio, puede ayudar a los especialistas a identificar de mejor manera los riesgos y al mismo tiempo se pueden ir agrupando de acuerdo a cada categoría.

3.4.3 Cuantificación y Evaluación de los riesgos

3.4.3.1 Cuantificación

La cuantificación de los riesgos es la conversión de; información cualitativa del riesgo a información numérica que ayude en la toma de decisiones, librando ambigüedades. En esta etapa se busca generar una jerarquía de todos los eventos riesgosos para poder seleccionar los de mayor riesgos y monitorearlos.

Para lo anterior se determina el rango o estatus del riesgo de acuerdo a su tipo, impacto y probabilidad. Esto se hace desde evaluaciones subjetivas hasta evaluaciones mucho más serias de medición. Debido a la naturaleza del riesgo o a la carencia de datos relevantes, muchos riesgos pueden desafiar la medición directa.



La cuantificación es relativamente fácil, pues solo es cuestión de utilizar la siguiente relación.

$$\text{RIESGO} = \text{PROBABILIDAD} \times \text{CONSECUENCIAS}$$

Lo difícil es encontrar la información suficiente para determinar la probabilidad y las consecuencias de cada evento riesgoso. La determinación de la probabilidad exige una gran cantidad de información y la determinación de la escala de consecuencias es difícil de generar por depender de la percepción.

Las principales técnicas para cuantificar el riesgo son las siguientes:

Valor monetario esperado.

Es el producto simple de la probabilidad de un evento, en escala de 0 a 1 y el valor monetario de las consecuencias si el evento sucediera.

Sumas estadísticas.

Es la aplicación de la teoría de conjuntos para encontrar la probabilidad generar de evento a partir de las probabilidades de sus causas.

Existen varios modelos que emplean esta técnica, el más representativo es el método de la ruta crítica, al igual que la técnica de la revisión del programa.

Pero la técnica más conocida y útil es, sin duda alguna, la simulación monte carlo:.

Simulación monte Carlo con ayuda de datos empíricos.

La simulación de actividades con incertidumbre que se construyen a través de un proceso de muestreo aleatorio se llama Métodos de Monte Carlo. Las simulaciones que siguen este método, utilizan observaciones tomadas al azar, siguiendo una distribución de probabilidades para simular la estructura de una variable del sistema estudiado. Una simulación Monte Carlo, requiere que el modelo contenga al menos tres tipos de fuentes de datos para poder llevar a cabo la simulación:

- La utilización de datos reales en el orden que han sido observados. Esto permite comparar directamente entre ellos el modelo y el sistema sin variación de los datos de base; el modelo se construye sobre condiciones probadas y el sistema sobre las observaciones reales.
- La utilización de datos reales para determinar la frecuencia de las observaciones. Enseguida un generador de números aleatorios servirá para determinar el evento.



- La utilización de una distribución teórica (Poisson, por ejemplo). La distribución elegida debe representar evidentemente lo más fielmente posible la forma percibida u observada de la distribución real. Una vez que esta haya sido puesta bajo la forma de un histograma, los números generados al azar permiten determinar el evento siguiente.

Este método se emplea para simular situaciones de riesgo cuando es muy grande el número de variables y el empleo de un procedimiento analítico es complejo. Permite realizar una gran cantidad de pruebas con diferentes datos de entrada seleccionados de sus distribuciones específicas, eligiendo las variables que representen los elementos más importantes de la evaluación. El procedimiento a seguir es el mostrado en la figura que sigue.

Para cada iteración, se hace la evaluación correspondiente a un futuro proyecto potencial, seleccionando al azar un número aleatorio de las distribuciones de probabilidad de cada variable; esto es, que la probabilidad de elegir entre todos los resultados posibles esta exactamente de acuerdo con sus respectivas distribuciones de probabilidad utilizando las tablas de números aleatorios. Los números aleatorios son generados tan libremente como sea posible a partir de cualquier patrón o tendencia, de manera que cualquier número tiene una probabilidad igual de aparecer cada vez, independientemente del orden experimentado en cualquier caso anterior.

Estos números pueden ser generados por una computadora empleando procedimientos adecuados. Existen también tablas de números aleatorios en libros de probabilidad y estadística o emplear una simple calculadora que pueda generar estos. Cualquier distribución, ya sea empírica o teórica, discreta o continua, puede ser simulada con números aleatorios. Para ello es necesario convertir la distribución a probabilidad acumulada de X y hacer entonces la asignación de números aleatorios.

Árbol de decisión

Esta técnica se apoya de un diagrama en donde se representa las posibles decisiones en cada intervalo de tiempo en forma de ramas de árbol. Para cada rama debe asignarse su probabilidad de ocurrencia y en impacto o consecuencias que pudiera haber en caso de suceder el evento.

Diagramas de influencias

Son diagramas similares a los árboles de decisión, con la variante de que estos usan probabilidad condicional entre variables aleatorias.



Juicios de expertos

Es una técnica no matemática, se basa en el juicio lingüístico de expertos y normalmente se evalúan a los eventos riesgosos como; eventos de alta probabilidad, media o baja probabilidad de ocurrencia y un grave, moderado o leve impacto. Claro que esto está respaldado por la experiencia de cada experto.

3.4.3.2 Evaluación.

La evaluación, a diferencia de la cuantificación hace una estimación de los riesgos, la cual puede ser cuantitativa o cualitativa. Pero también busca la jerarquía de los eventos riesgosos para controlar aquellos de mayor riesgo. Las técnicas para evaluación o análisis de riesgos son las siguientes:

Básicamente, existen dos tipos de métodos para la realización de análisis de riesgos, si atendemos a los aspectos de cuantificación:

- Métodos cualitativos: se caracterizan por no recurrir a cálculos numéricos. Pueden ser métodos
 - Comparativos y
 - Generalizados.
- Métodos semicualitativos: Intentan introducir una valoración cuantitativa respecto a las frecuencias de ocurrencia de un determinado evento y se caracterizan por recurrir a una clasificación de las áreas de una instalación en base a una serie de índices que cuantifican daños.
 - Índice Down
 - Índice Mond

Para mayor referencia ver el segundo capítulo, el cuál fue dedicado exclusivamente al tema de la evolución de riesgo.

3.4.4 Respuesta al riesgo.

En muchos libros, cursos, e incluso trabajos de tesis, se le nombre “Control del riesgo” y se considera la última etapa de la administración o control de riesgos. Sin embargo en este trabajo se le llamará “respuesta al riesgo”, ya que esto es lo que en realidad sucede.



En esta etapa se cuenta con la identificación y jerarquía de los eventos riesgosos de acuerdo a su riesgo potencia y con esta información es posible generar planes para mitigar, monitorear, controlar, administrar y enfrentar un evento riesgoso, ocurra éste o no.

No es la última etapa por que no basta con tener planes que sirvan en la prevención o contingencia ante el riesgo, también es necesario verificar la eficacia de estos planes, preventivos o reactivos. Esta verificación de la eficacia sólo se puede hacer a través de una documentación, de la cual hablaremos en el punto 3.4.6.

Ahora avoquémonos al subtema de; la respuesta que debe tenerse ante el riesgo. Y para esto recordemos que el objetivo de la administración de los riesgos es el; minimizar, ya sea la probabilidad de ocurrencia de un evento indeseable o las consecuencias del mismo en caso de que ocurra. Pero también es; maximizar la probabilidad de ocurrencia de un evento favorable o en su caso, maximizar los beneficios del mismo.

Luego entonces; la identificación, clasificación y evaluación o cuantificación de los riesgos sólo nos sirven para saber que y cuales escenarios favorables o desfavorables se pueden presentar en la vida de un proyecto. Y la administrar real comienza una vez colectada esta información; ideando planes o líneas de acción para favorecer la maximización de las ganancias de la empresa o firma, o en dado caso minimizando las pérdidas de la misma.

Por lo tanto la respuesta al riesgo se va a desarrollar a través de los siguientes pasos:

- Elaboración de planes preventivos y de contingencia para los eventos riesgosos de mayor riesgo.
- Monitoreo de los escenarios previstos en las etapas de identificación, clasificación y evaluación o cuantificación del riesgo.
- Validación de los escenarios previstos con los hechos de la realidad.
- Ajustes o reafirmación de lo previsto y de los planes de contingencia.

3.4.5 Elaboración de planes preventivos y de contingencia

Una vez que se cuenta con la lista de eventos riesgosos, en la cual debe encontrarse la probabilidad de ocurrencia o su medida de certidumbre, así como el grado de gravedad de las consecuencias en caso de que presentarse el evento, es posible generar un clasificación gruesa entre aquellos riesgos aceptables y aquellos



que simplemente deben evitarse su suceso. Son a estos últimos eventos, cuyo riesgo es inaceptable, a los que hay que generarles un plan preventivo en el cual se ataquen las causas que pudieran dar origen a los eventos, buscando reducir su probabilidad de ocurrencia o bien su grado de gravedad, aquí debe convocarse a un reunión creativa.

Pero también es necesario generar planes de contingencia para aplicarse en caso de que todas nuestras prevenciones fallen y, a pesar de las bajas probabilidades de ocurrencia, el evento indeseado suceda. No es posible ni deseable dejar nada al azar en un proyecto.

Puede ser que estemos ante eventos indeseables cuyo riesgo sea alto y a pesar de esto, la empresa o firma se encuentre imposibilitada para actuar o generar planes de prevención. En este caso, se pueden desarrollar los posibles escenarios, es decir: “Sucede el evento” y “No sucede el evento”, cada opción con su probabilidad y grado de afectación. Una vez generados todos los escenarios posibles, se pueden generar planes de contingencia que ayuden a tomar las mejores decisiones en el momento preciso en caso de que se presente cualquiera de los escenarios.

3.4.6 Monitoreo de los escenarios previstos

No basta con generar los planes de prevención y contingencia para cada riesgo, debido a que las actividades necesarias para concluir el proyecto tienen ingerencia en las causas directas de cada riesgo, pudiendo modificar — en cualquier momento — a cualquiera de los riesgos evaluados o cuantificados. Esto significa que los orígenes de los riesgos identificados son dinámicos, cambiando sobre la línea del tiempo del mismo proyecto.

Por lo que es necesario realizar revisiones periódicas sobre cada etapa de la administración del riesgo, ya que es posible que; avanzada la vida de ejecución del proyecto se generen o desaparezcan riesgos. De acuerdo a algunos autores, los riesgos al inicio de un proyecto son mayores pero de menor impacto y esto se ve modificando con el avance de ejecución¹.

No es necesario hacer toda la tarea de nuevo, sólo es necesario revisar algunas causas generadoras de riesgos críticas del proyecto, para darse cuenta de cuanto se han modificado los escenarios. Estas causas, al igual que los tiempos para cada revisión se establecen en los planes preventivos.

¹ Lozano Ríos Leticia. COMENTARIO DE LA CLASE “PLANEACION” PERNECIENTE A LA MAESTRIA DE SISTEMAS, Semestre 06-I, UNAM.



3.4.7 Validación de los escenarios previstos con los hechos de la realidad.

Una vez que se va avanzando sobre la ejecución del proyecto, se van suscitando hechos que corroboran o desmienten los escenarios previstos y es necesario fijar tiempos de vigencia a cada riesgo para ver la veracidad de su pronóstico. Esto nos introducirá a la validación de las premisas tomas para cada evaluación o cuantificación.

En caso de concordancia entre lo previsto y la realidad, se podrá tener mayor seguridad sobre las acciones tomadas, pasadas y a futuro, para prevenir los riesgos, en este caso se reafirman los riesgos identificados y sus cuantificaciones.

En caso de no coincidir con la realidad, se podrá tomar nuevas premisas para su evaluación y ajuste en los planes preventivos o de contingencia.

3.4.7.1 Ajustes o reafirmación de lo previsto

Los ajustes o reafirmaciones son sobre los riesgos identificados, ya que estos pueden variar durante la vida del proyecto, pero también se deben realizar sobre los planes preventivos o de contingencia. Estos ajustes o reafirmaciones se efectúan al finalizar cada revisión periódica, programada en el monitoreo de los escenarios.

3.4.8 Seguimiento a la respuesta al riesgo.

Esta etapa de la administración o control del riesgo esta encargada de la documentación de las lecciones aprendidas y de la validación del método de cuantificación o evaluación de riesgos.

En la administración de riesgos, la información juega un papel importante, debido a que de ella salen las premisas necesarias para la evaluación o cuantificación del riesgo, es de la información y la calidad de la misma de quién depende la eficacia de la administración de los riesgos, por esto mismo es vital una fuente confiable. La mejor fuente es la propia, es decir que la información de mejor calidad es la que la propia empresa genera a través de su experiencia.

En muchos de los casos, se tendrá que enfrentar el, no poco común, problema de no contar con la información suficiente o de calidad necesaria para la evaluación o cuantificación de los riesgos, por lo que muchas veces se emplean técnicas que generen información para reemplazar la información histórica necesaria.

Aún que muchas técnicas aceptan este reemplazo y la metodología propuesta en este trabajo se basa en el empleo de la lógica difusa para este reemplazo, es



conveniente generar un sistema de administración de la información generada en cada análisis de riesgos para afinar la precisión del método.

3.5 Etapas de un proyecto.

Una vez sentadas las bases necesarias para entender lo que es un evento riesgo, un evento incierto y la administración del riesgo, es importante conocer lo que es un proyecto, sobre todo un proyecto en la industria química. Esto es necesario para entender como se realizará la administración de riesgos en proyectos industriales y cuales son sus principales características.

Iniciemos por definir lo que es un proyecto, pero para esto mencionemos sus características.

En una organización, cualesquiera que esta sea, su objetivo es desarrollar trabajos que ayuden a la sobrevivencia de la organización, estos trabajos deben estar en comunión con la visión y misión de la organización, por lo mismo no pueden ser cualquier tipo de trabajos, deben ser trabajos seleccionados de manera estratégica, esto implica realizar planes previos a cualquier trabajo. Estos planes generarán una intención de desarrollo en donde se definan tiempos, recursos y caminos a seguir para llegar a una meta determinada, es en este momento; cuando se tiene un plan maestro para alcanzar una meta, que se puede hablar de un proyecto.

Un proyecto será, por lo tanto, imaginado por personas en busca de una meta, pero también será desarrollado por personas, no necesariamente las mismas que lo imaginaron. Un proyecto tendrá limitantes y restricciones inherentes a sus creadores y desarrolladores, pero también inherentes a la meta pretendida.

Las limitantes de un proyecto serán principalmente restricciones de alcance; por que no se realizará más que lo estrictamente requerido de acuerdo a la necesidad a resolver, pero también tendrán restricciones en cuanto a los recursos disponibles; por que no es posible asignar los mismos recursos a más de un proyecto, lo que lo convierte en único al momento de su ejecución.

A causa de las restricciones intrínsecas, con las que nace un proyecto, estos, los proyectos, deben ser planeados y ejecutados bajo estricto control para garantizar su completa conclusión².

² Rangel P. Alejandro. METODOLOGIA Y ESTRATEGIAS PARA ELABORAR PROPUESTA EXITOSAS EN PROYECTOS IPC, Tesis de Maestría, UNAM, México, 2003.



Algunos de los elementos básicos de cualquier proyecto, dice el ingeniero Alejandro Rangel en su trabajo de tesis son:

- Costo y Presupuesto
- Tiempo y Programa
- Desempeño y Calidad

Elementos que son discutidos y desarrollados en el trabajo de tesis antes mencionado, elementos que utilizaremos en el presente trabajo por que son los elementos que se verán afectados en caso de darse un evento riesgo.

Un evento de riesgo que suceda afectará de forma inevitable cualquiera de estos seis elementos básicos. Un riesgo no administrado generará mermas en el presupuesto del proyecto aumentando su costo y por ende disminuirá la ganancia del licitante y aumentará el costo para el licitador. De igual manera, un riesgo no administrado afectará el programa de ejecución del proyecto al desfasar los tiempos del mismo y su calidad y desempeño, por parte del licitante o la firma de ingeniería serán disminuidos.

Debido a que los recursos destinados a un proyecto son únicos y limitados, como ya se discutió con anterioridad, es inaceptable una disminución o merma en ellos, por esto resulta importante realizar una excelente administración, no solo de los recursos disponibles, si no también de los riesgo presentes en el proyecto, para evitar su fracaso o la disminución en los recursos, recursos que alguien tendrá que reponer.

Es de vital importancia realizar, por lo tanto, una administración de riesgo desde el primer minuto de vida de cualquier proyecto, sin embargo; debido a la cantidad y calidad de información requerida para ello, resulta difícil realizar esta administración.

Surge entonces la pregunta. ¿Cuál es el momento oportuno para iniciar con la administración del riesgo?, pregunta que se puede responder con; En el momento en que se cuente con información para hacerlo y debe ser lo más pronto posible. Veamos pues cuales son las etapas de un proyecto y el tipo de información con la que se dispone en cada una de ellas.



3.5.1 La primer etapa de un proyecto

Un proyecto inicia con un idea, esta idea surge como respuesta a una pregunta y esta pregunta se genera gracias a una necesidad. Cualquier tipo de necesidad es susceptible de generar un proyecto a través de una idea, pero las principales necesidades generadoras de proyectos son:

- Necesidades Sociales
- Necesidades Tecnológicas
- Necesidades de seguridad Nacional
- Necesidades Económicas
- Necesidades Ecológicas

Cada una de estas necesidades generará un tipo específico de proyectos, cada uno con sus propias características y normas.

En esta etapa solo se cuenta con la información correspondiente a la necesidad y en ocasiones, la información es incompleta, por lo que se requiere de investigación bibliográfica e incluso experimental para delimitar y entender la necesidad a resolver.

En muchos casos es deseable realizar una administración de riesgos en esta etapa, pero la falta de información o la falta de medios y herramientas para hacerlo lo imposibilitan.

3.5.2 La segunda etapa de un proyecto

Una vez que se ha generado una idea para determinada necesidad, es necesario probar la factibilidad y efectividad de dicha idea. Para ello es necesario estructurar en forma lógica dicha idea a través de un plan de ejecución, en donde se describirán los pasos a seguir y los objetivos a alcanzar en cada paso. Esta etapa es eminentemente creativa y conceptual, por que se tiene que aterrizar la idea en un plan factible de logro, por esa razón a ésta se le conoce como Etapa conceptual o proyección de la idea, en ingeniería se le llama; "Ingeniería conceptual".

La información típica disponible en esta etapa es de índole técnico, contando con posibles opciones de solución y de las cuales hay que conseguir la mayor información posible para elegir la mejor. En esta etapa es indispensable la administración de riesgos con respecto a cada una de las opciones de solución y la información para realizarla es de carácter técnico pero completa.



3.5.3 La tercer etapa de un proyecto

En esta etapa se cuenta, ya no con una idea, si no con una solución la cual es necesario llevar a cabo y para ello se requiere de cálculos y diseños técnicos básico que den una aproximación de las dimensiones de cada acción, medida o herramienta a utilizar.

Al momento de contar con una solución, resulta lógico pensar que se ha analizado la factibilidad de dicha solución, o de lo contrario no se tiene una solución, si no una idea. Esta factibilidad debe ser tanto técnica, tecnológica, económica y política. Por lo que esta etapa se dispone de gran cantidad de información para analizar los diferentes tipos de riesgos, en este punto no existe gran dificultad para realizar un análisis de riesgos y las técnicas enumeradas hasta el momento son aplicables y útiles.

Esta etapa es conocida como “Ingeniería básica” y uno de sus requisitos es realizar una análisis de riesgos para garantizar la correcta ejecución.

En esta etapa el análisis y por ende la administración de riesgo no representa mayor problema, por lo que es necesario ver la factibilidad de poder realizarlo previo a esta etapa. La etapa previa recibe el nombre de licitación; que aún que ya se digo que es una etapa con poca información para aplicarle una administración de riesgos, presenta sub-etapas con mayor cantidad de información. Analicemos esta opción.

3.6 LA LICITACIÓN Y SUS ETAPAS.

3.6.1 Orígenes de la licitación.

La palabra licitación deriva de la voz latina “licitationem”, esta a su vez es una derivación gramática de “Licitatio – Onis”, que significa “el ofrecimiento de precio en cualquier venta”. Por otro lado, se dice que la figura de licitación fue utilizada en tiempos remotos por los chinos, encontrándose la legislada en el “Código de Hammurabi” (año 2100 a. C.)³.

Pero el antecedente anterior inmediato a nosotros lo encontramos en Roma, bajo el derecho Romano. Desde épocas tempranas de esta civilización los bienes adquiridos por el Estado, ya fueran por botín de guerra o en virtud de la condenación criminal de un ciudadano, o ya en fin por el derecho de herencia, se vendían públicamente, a los mejores ofertantes. A este tipo de ventas se les conocía como “Bonorum sectio” o “venditio”. Llevaba también el nombre de

³ José Pedro López Elías. ASPECTOS JURÍDICOS DE LA LICITACIÓN PÚBLICA EN MÉXICO. Universidad Nacional Autónoma de México, México D. F. 1999



“subhastatio”, (derivado de “hasta” que significa lanza), símbolo de la propiedad de los “quírites”⁴. En el lugar donde iba a verificarse la venta, se plantaba una hasta, arma de guerra y a la vez insignia real. De ahí deriva el término de subasta que, en muchos países de lengua castellana designa al procedimiento de la licitación.

3.6.2 Características de las licitaciones.

Una forma de acercarse a los conceptos es a través de una definición, pero hay ocasiones que resulta más ilustrativo conocer sus características principales, está es una de esas ocasiones.

Por lo que describiremos a la licitación⁵ mencionando sus características principales:

- Se compone de una serie de actos regulados, – Lo que convierte a la licitación en un procedimiento –, por normas administrativas de la entidad que la emite.
- Tiene como objetivo escoger a la persona física o jurídica, con la cual habrá de celebrar un contrato determinado.
- La selección se hace sobre quienes hayan ofrecido las condiciones más ventajosas para la entidad que emite la licitación.
- No siempre la propuesta de menor costo es la mejor, – Sin embargo en México esto aún no es claro para muchos –, por que algunos participantes pueden sacrificar la calidad mínima necesaria para reducir el precio de oferta.
- Los concursantes de la licitación tienen igualdad de condiciones y deberán cumplir estrictamente las cláusulas que se les soliciten.
- Es práctica común pedir a los concursantes, tanto como al ganador de la licitación, una fianza o deposito monetario como garantía de cumplimiento de la totalidad de las cláusulas.

⁴ INSTITUTO DE INVESTIGACIONES JURÍDICAS Serie DOCTRINA JURÍDICA, Núm. 4

⁵ Definición incluida en el glosario de este trabajo de tesis.



3.6.3 Ventajas y desventajas de la licitación.

La más importante, es la mencionada en el punto anterior como característica: Se debe dar la misma oportunidad a los participantes, esto implica las siguientes ventajas:

- Campo abierto a un gran número de empresas y personas físicas, evitando abusos o preferencias.
- Disminuir los gastos.
- Facilitar la pronta ejecución de las obras.
- La administración que publica la licitación obtiene las mejores condiciones en cuanto a precio, calidad, financiamiento, oportunidad, etc.
- Se protege a la administración de las complicidades entre contratantes y agentes administrativos.
- Fomenta la competencia entre industriales o empresarios.
- Permite un mejor sistema de control, ya que se determinan previamente los aspectos a evaluar y controlar del procedimiento administrativo.

Así mismo, si se elige el ganador de la licitación en base sólo al precio más bajo se pueden presentar desventajas, como las siguientes.

- Se contrata a un participante poco adecuado técnicamente solo por presentar la propuesta de menor precio monetario.
- Los trabajos realizados por el contratado pueden presentar relajaciones en la seguridad, al colocarse en los requerimientos mínimos normativos sobre la calidad de materiales, instrumentos de medición y control.
- Se puede dar una connivencia entre el contratante y el contratado para ir ajustando del proyecto para compensar la baja excesiva de precio; así por ejemplo la obra ya adjudicada y puesta en marcha puede presentarse la necesidad de aumentar la obra por presentar algunas carencias.
- El proceso de licitación puede generar un monopolio de participantes, siendo difícil la inclusión de nuevos competidores.
- Las licitaciones no siempre pueden evitar que surjan los escrúpulos ligeros de algunos tomadores de decisiones ante un soborno.



3.6.4 Etapas del proceso de licitación.

- Etapa de definición.
- Convocatoria.
- Etapa de aclaratorias.
- Etapa de precalificación.
- Presentación, apertura y análisis de propuesta.
- Declaración del participante ganador.
- Negociación y firma del contrato.

3.6.4.1 Etapa de definición.

En esta etapa se acuerdan los siguientes tópicos:

- Descripción del bien y/o servicio a ser adquirido.
- Recursos Económicos que se destinarán para la adquisición.
- Condiciones generales que regirán el proceso.
- Procedimiento de evaluación de las propuestas económicas.
- Cronograma de desarrollo del proceso.
- Especificaciones técnicas de la obra, bien o servicio que se desea adquirir.

Toda esta información, exceptuando a los recursos económicos, queda conformada en el instrumento principal de un proceso licitatorio, conocido como: Bases de Licitación o Pliego de Licitación.



3.6.4.2 Convocatoria.

Durante esta etapa, – que también es conocida como etapa de divulgación –, se realizan las siguientes actividades.

- Publicación del aviso de convocatoria a la licitación en prensa y/o Internet. En algunos casos la licitación se puede realizar de forma selectiva, por condiciones especiales de los servicios solicitados a proveedores especializados, a tal caso no se emite la convocatoria en medios públicos y en su caso se emiten invitaciones particularizadas.
- Suministro de las bases de licitación a las entidades interesadas en participar en el proceso de licitación.

3.6.4.3 Etapa de aclaratorias.

Es en esta etapa donde se aclaran las dudas que puedan existir sobre las especificaciones técnicas, condiciones generales y sobre cualquier información relativa al proceso de licitación. En esta etapa se realizan las siguientes actividades:

- Reunión aclaratoria (puede incluir visitas guiadas).
- Respuestas por escrito a las aclaratorias solicitadas

3.6.4.4 Etapa de precalificación.

El objetivo de esta etapa es ejecutar una selección de participantes legalmente adecuados, por lo que se realizan las siguientes acciones:

- Recepción de Manifestaciones de Voluntad de participar en el proceso por parte de las empresas interesadas en participar en el proceso, junto con la documentación solicitada en el pliego, para el análisis de precalificación (información de índole básicamente legal, financiera y de experiencia).
- Análisis de la información recibida.
- Emisión de informe de Precalificación en el cual entre otras cosas se listan las empresas que quedan calificadas para presentar ofertas en el proceso.
- Notificación a las empresas participantes.



3.6.4.5 Etapa de presentación, apertura y análisis de ofertas.

Esta etapa se inicia con la recepción, – en fecha establecidas en las bases de licitación –, de los sobres con la oferta técnica y económica de cada participante para seleccionar al más adecuado, por lo que se deben ejecutan las siguientes actividades:

- Recepción de las ofertas de aquellas entidades que resultaron precalificadas.
- Comparación de ofertas de acuerdo a la metodología de evaluación estipulada en las bases de licitación. Es práctica común pedir en paquetes separados la oferta económica y la oferta técnica, incluso se suelen pedir en fechas diferidas.
- Redacción y emisión de informe de recomendación del licitante idóneo.

3.6.4.6 Etapa de declaratoria del participante ganador.

El resultado del análisis de las ofertas de cada uno de los participantes puede arrojar varias entidades adecuadas, de entre las cuales se elegirá al mejor licitante. Por lo que en la etapa anterior puede surgir una recomendación sobre cuál es el mejor participante, pero también se puede presentar el caso en el que ningún participante satisfaga plenamente las expectativas sobre la convocatoria, en tal caso se declarará a la licitación como desierta. Por lo que las actividades a realizar en esta etapa son:

- Otorgamiento de la participante ganador por parte de la Máxima Autoridad de la Institución o decisión de declarar desierto un proceso.
- Notificación a las empresas ofertantes sobre los resultados.
- Firma del o los contratos correspondientes
- Adquisición de bien y/o servicio objeto del proceso.



3.6.4.7 Etapa de Negociación y firma del contrato.

La parte de la firma del o los contratos sobre el adjudicación del proyecto es considerada en la etapa anterior, marcando así el final del proceso de licitación. Sin embargo la firma del contrato es tan compleja por los compromisos y responsabilidades jurídicas adquiridas que se requiere de mayor análisis sobre esta acción.

Para el presente trabajo de tesis es fundamental esta etapa, por que es este momento, – la firma de contrato –, el punto clave de la metodología. Antes de firmar cualquier contrato hay que analizar profundamente los compromisos adquiridos y con ellos los riesgos asumidos, ya que cada compromiso no satisfecho implica necesariamente una penalización o sanción económica o corpórea.

Por tales razones la propuesta de metodología de este trabajo tiene su fecha de finalización, análisis y conclusión justo antes de la firma del o los contratos. Debe servir la metodología como herramienta de identificación y análisis de los riesgos del proyecto en concurso, para generar mejores ofertas económicas y poseer mayores argumentos para adjudicarse el proyecto. Pero también debe servir para llegar al momento de la firma del contrato con plena conciencia de los compromisos involucrados en el proyecto y negociar el grado de responsabilidades correspondiente a cada parte, es decir; el grado de responsabilidad del licitante, el grado de responsabilidad del licitador y el grado de responsabilidad de los contratistas y subcontratistas en torno al proyecto.

Por lo que las actividades a realizar en esta etapa son las siguientes:

- Recibir la notificación de ganador de la licitación.
- Generar un informe sobre los riesgos del proyecto con sus respectivos costos, en caso de que se presenten dichos riesgos.
- Discernir sobre los riesgos que se pueden aceptar y aquellos de naturaleza inaceptable.
- Negociar las cláusulas sobre los riesgos e incumplimientos acotados del contrato o los contratos.
- Lectura y firmar del o los contratos ante notaría publica.



4.1 Introducción.

La lógica difusa es una rama de la inteligencia artificial, que emana del mismo campo de estudio que las redes neuronales y los algoritmos genéticos. Mientras las redes neuronales emulan simplificadaamente la estructura del cerebro para reproducir sus capacidades, en la lógica difusa o borrosa se emulan las formas en que el cerebro humano razona o piensa.

La lógica difusa se funda en el concepto "Todo es cuestión del grado de percepción", lo cual permite manejar información vaga o de difícil percepción.

Es, por lo tanto, factible con la lógica difusa estudiar y gobernar un sistema por medio de reglas de percepción las cuales se refieren a cantidades indefinidas.

Las reglas involucradas en un sistema difuso, son desarrolladas a través de la observación, al igual que las personas, por lo que estas reglas pueden ser desarrolladas o simplemente formuladas por un experto humano. En general la lógica difusa se aplica tanto a sistemas de control técnico como para modelar cualquier sistema continuo de ingeniería, física, biología o economía.

La lógica difusa es entonces definida como un sistema matemático que modela funciones no lineales convirtiendo datos de entrada en conclusiones de salida acordes con los planteamientos lógicos que usaría el razonamiento aproximado.

Se fundamenta en los denominados conjuntos difusos y un sistema de inferencia difuso basado en reglas de la forma " SI..... ENTONCES..... ", donde los valores lingüísticos de la premisa y el consecuente están definidos por conjuntos difusos, es así como las reglas siempre convierten un conjunto difuso en otro de menor difusividad.



4.2 Historia.

Los conjuntos difusos fueron introducidos por primera vez en 1965; en la Universidad de California en Berkeley, introducido por Lotfi A. Zadeh¹.

En cierto nivel, la lógica difusa puede ser vista como un lenguaje que permite trasladar sentencias sofisticadas en lenguaje natural a un lenguaje matemático formal.

Mientras la motivación original fue ayudar a manejar aspectos imprecisos del mundo real, la práctica temprana de la lógica difusa permitió el desarrollo de aplicaciones prácticas. Aparecieron numerosas publicaciones que presentaban los fundamentos básicos con aplicaciones potenciales.

Esta expectativa marcó una fuerte necesidad de distinguir la lógica difusa de la teoría de probabilidad. Tal como la entendemos ahora, la teoría de conjuntos difusos y la teoría de probabilidad **tienen diferentes tipos de incertidumbre**.

En 1994 se pensó que la teoría de la lógica difusa se encontraba en la cumbre, pero esta idea no es del todo cierta para muchos, por que hay quien afirma que; estuvo bajo el nombre de lógica difusa durante 25 años, pero sus orígenes se remontan hasta 2,500 años. Aún Aristóteles consideraba que existían ciertos grados de veracidad y falsedad. Platón había considerado ya grados de pertenencia pero sobre todo, había considerado **grados de percepción**.

En el siglo XVIII el filósofo y obispo anglicano Irlandés, George Berkeley y David Hume describieron que el núcleo de un concepto atrae conceptos similares.

Hume en particular, creía en la lógica del sentido común, el razonamiento basado en el conocimiento que la gente adquiere en forma ordinaria mediante vivencias en el mundo. **Tal como sucede con la percepción de grado de gravedad de las consecuencias**.

En Alemania, Emmanuel Kant, consideraba que solo los matemáticos podían proveer definiciones claras, pero al mismo tiempo sentía que muchos principios contradictorios no tenían solución. Por ejemplo la materia podía ser dividida infinitamente y al mismo tiempo no podía ser dividida infinitamente. Es decir, Emmanuel Kant consideraba que existía la vaguedad, más no la contradicción².

¹ Morales Luna, Guillermo. Introducción a la lógica difusa. Centro de Investigación y Estudios Avanzados del IPN (CINVESTAV-IPN) 7 de febrero de 2002, 12 pp.

² Emmanuel Kant, CARTAS FILOSOFICAS, Colección Mileno, Ed. Planeta de Agostini, Reimpresión 1994. Madrid, España.



Particularmente la escuela americana de filosofía llamada pragmatismo fundada a principios del siglo pasado por Charles Sanders Peirce, cuyas ideas se fundamentaron en estos conceptos, fue el primero en considerar "vaguedades", más que falso o verdadero, como forma de acercamiento al mundo y a la forma en que la gente funciona.

La idea de que la lógica produce contradicciones fue popularizada por el filósofo y matemático británico Bertrand Russell, a principios del siglo XX. Estudio las vaguedades del lenguaje, concluyendo con precisión que la vaguedad es un grado de percepción³.

El filósofo austriaco Ludwig Wittgenstein estudió las formas en las que una palabra puede ser empleada para muchas cosas que tienen algo en común. La primera lógica de vaguedades fue desarrollada en 1920 por el filósofo Jan Lukasiewicz, visualizó los conjuntos con un posible grado de pertenencia con valores de 0 y 1, después los extendió a un número infinito de valores entre 0 y 1.

Y, basándose en los principios de Ludwig Wittgenstein, en los años sesentas Lofti Zadeh inventó la lógica difusa, que combina los conceptos de la lógica con los conjuntos de Lukasiewicz mediante la definición de grados de pertenencia⁴.

Sin embargo el auge de la lógica difusa se da en Japón y en este país en donde se han realizado los más grandes avances en este campo, sobre todo enfocados a la parte de control digital y electrónico.

4.3 Conceptos básicos de lógica difusa.

4.3.1 Conjuntos difusos.

La mayoría de los fenómenos que encontramos cada día son imprecisos, es decir, tienen implícito un cierto grado de imperceptibilidad, (un cierto grado de **difusividad o difusidad**, como dicen los textos españoles⁵), en la descripción de su naturaleza.

Esta imprecisión puede estar asociada con su forma, posición, momento, color, textura, o incluso en la semántica que describe lo que percibimos.

³ Morales Luna, Guillermo. Introducción a la lógica difusa. Centro de Investigación y Estudios Avanzados del IPN (CINVESTAV-IPN) 7 de febrero de 2002, 12 pp

⁴ Téllez Schmill Rodolfo. APLICACIÓN DE TÉCNICAS DE TOMA DE DECISIÓN DIFUSA PARA LA SELECCIÓN DE PROVEEDORES Y SUBCONTRATISTAS DE UN PROYECTO, Tesis de Maestría, UNAM, México, 2004.

⁵ Martín del Brío Bonifacio, et. al. Redes neuronales y sistemas difusos. Ed. Alfaomega, segunda edición, pp 243 – 345, 2005. Zaragoza, España.



En muchos casos el mismo concepto puede tener diferentes grados de imprecisión. Un día cálido en invierno no es exactamente lo mismo que un día cálido en primavera. El punto exacto de cuando la temperatura va de templada a caliente es imprecisa; no podemos identificar un punto en cualquier escala de medición de cuando pasamos de lo frío a lo templado. Jamás nos atreveríamos a aseverar que a los 17° C el clima es frío y a los 18° C es templado, siempre se manejan rangos e incluso rangos traslapados entre ellos.

Este tipo de imprecisión o vaguedad asociado continuamente a los fenómenos es común en todos los campos de estudio, por ejemplo en:

- Sociología,
- Física,
- Biología,
- Finanzas,
- Ingeniería,
- Oceanografía,
- Psicología,
- Estudio de riesgos, etc.

4.3.2 Acerca de los conceptos imprecisos....

Aceptamos la imprecisión como una consecuencia natural de "la forma de las cosas en el mundo". La dicotomía entre el rigor y la precisión del modelado matemático en todo los campos y la intrínseca incertidumbre de "el mundo real" no son generalmente del todo aceptadas por los científicos, filósofos y analistas de negocios.

Nosotros, los seres humanos, simplemente aproximamos estos eventos reales a funciones numéricas y escogemos un resultado en lugar de hacer un análisis del conocimiento empírico⁶.

⁶ Estamos hablando solo de aquellos en los que no se cuenta con una fórmula matemática para resolver el planteamiento de un problema, o esta es demasiado complicada para resolverla.



Sin embargo procesamos y entendemos la imprecisión de la información fácilmente. Estamos capacitados para formular planes, tomar decisiones y reconocer conceptos compatibles con altos niveles de vaguedad y ambigüedad.

Por ejemplo, considere la ambigüedad de las siguientes sentencias.

- La temperatura es alta, (tanto para el clima como para un equipo).
- La inflación actual aumenta rápidamente
- Los grandes proyectos generalmente tardan mucho
- Nuestros precios están por abajo de los precios de la competencia
- La calidad de nuestro trabajo es superior
- La plantilla de obreros es competitiva y calificada
- IBM es una compañía grande y agresiva
- Ángel no es bajito pero Ana si es alta.

Estas proposiciones forman el núcleo de nuestras relaciones con "la forma de las cosas en el mundo". Sin embargo, son incompatibles con el modelado tradicional y el diseño de sistemas de información.

Si podemos incorporar estos conceptos a los modelos y algoritmos, lograremos que estos se aproximen más a la realidad.

Pero, ¿Es la imprecisión un concepto artificial utilizado por el ser humano, debido a su propio entendimiento sobre las propiedades de los fenómenos? o ¿Es una parte intrínseca del fenómeno en sí mismo?.

Estas son preguntas importantes ya que en ellas se refleja algunos postulados de la lógica difusa.

Un conjunto difuso tiene muchas propiedades intrínsecas⁷ que afectan su forma, su uso y su aporte en un modelo. Las propiedades más importantes de un conjunto difuso son las concernientes a las dimensiones verticales del conjunto difuso (altura y normalización) y las dimensiones horizontales (conjunto soporte y cortes "alpha").

⁷ La precisión dentro de la teoría difusa (entendiendo precisión con antónimo de difusidad), es independiente de cualquier capacidad para medir, ya que un conjunto difuso es un conjunto que no tiene límites bien definidos.



La altura de un conjunto difuso representa un grado de pertenencia, el cual siempre esta delimitado por un máximo, esto es cercano al concepto de normalización. La superficie de la región de un conjunto difuso o su dimensión horizontal es el universo de valores.

Por lo tanto, la mejor manera de tratar un conjunto difuso determinado, que denominaremos con la letra "A" por comodidad, se considera como un conjunto de pares ordenados en los que el primer componente es un número en el rango $[0,1]$, (los corchetes indican que es un conjunto cerrado), que denota el grado de pertenencia de un elemento "x" del universo en A, y el segundo componente especifica precisamente quién es ése elemento del universo.

En general los grados de pertenencia son subjetivos en el sentido de que su especificación es una cuestión de percepción.

Se debe aclarar que aunque puede interpretarse como el grado de verdad de que la expresión " $x \in A$ " sea cierta, es más natural considerarlo simplemente como un grado de pertenencia. Puede notarse además que:

- Mientras más próximo está (x) al valor 1, se dice que "x" pertenece más a "A", (de modo que 0 y 1 denotan la no pertenencia y la pertenencia completa, respectivamente).
- Un conjunto en el sentido usual es también difuso debido a que la función característica "x" es también una función con valores de $[0,1]$; o sea que los conjuntos difusos son una generalización de los conjuntos usuales.

4.3.3 Cardinalidad de los conjuntos difusos.

Para poder determinar el tamaño de un conjunto, es necesario contar con una medida para este propósito. Tal medida es llamada cardinalidad de un conjunto.

En términos generales los conjuntos pueden tener un tamaño *finito* o *infinito*, entendiendo por tamaño la cantidad de elementos pertenecientes al conjunto⁸.

Como ilustración pensemos en dos conjuntos; Uno de ellos formado por los números enteros mayores que cero y menores que cinco; este conjunto *finito* consta de los elementos 1, 2, 3 y 4. El otro conjunto formado por los números enteros mayores a cero es un conjunto infinito.⁹

⁸ M. C. J. Agustín Flores Ávila. Temas selectos de teoría de conjuntos. <http://www.espclubmate.com>

⁹ Maricela Quintana López y Jesús Sánchez Velásquez. Teoría de la computación. ITESM-CEM Dept. C.C. 1999.



La cardinalidad para los conjuntos finitos será la cantidad total de los elementos, por ejemplo: Para un conjunto de 6 elementos su cardinalidad será de seis, y para un conjunto de 95 elementos la cardinalidad será de noventa y cinco.

La cardinalidad para conjuntos infinitos numerables, como puede serlo el conjunto de los números naturales, se denominarán con cardinalidad “Aleph cero”.

En cambio los conjuntos infinitos innumerable, como es el caso del conjunto de los números reales, se denominarán con la cardinalidad del continuo o “Aleph uno”. Todo lo anterior de acuerdo a la definición que hizo matemático alemán G. Cantor.

Para los conjuntos difusos la cardinalidad no puede ser diferente, pues ya sean conjuntos clásicos o difusos solo puede haber conjuntos finitos, conjuntos infinitos numerables y conjuntos infinitos no numerables.

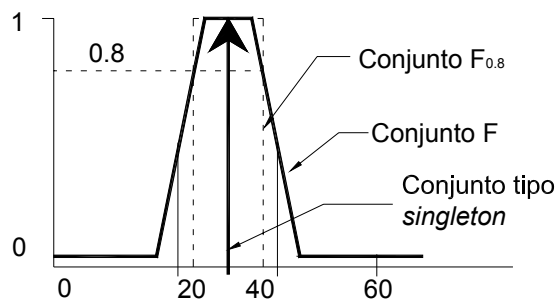
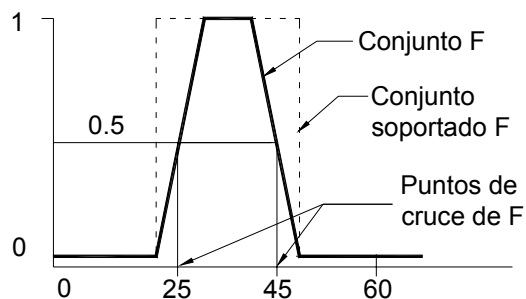
Zadeh¹⁰ llamo a los conjuntos difusos ordinarios, que son aquellos conjuntos de naturaleza discreta con valores en el intervalo continuo $[0,1]$, los define como conjuntos de cardinalidad “m”.

Mientras a los conjuntos de naturaleza continua con valores en el intervalo continuo $[0,1]$, los define como conjuntos de cardinalidad “n”.

En general los conjuntos difusos describen el grado de pertenencia de un elemento usando una escala continua de valores comprendidos entre 0 y 1. En términos matemáticos, un conjunto difuso A en U, donde U es el universo, quedará caracterizado con una función de pertenencia $\mu_{\tilde{A}}(x)$; que toma valores en el rango $[0,1]$.

Dentro de un conjunto borroso A, se pueden definir los siguientes términos. El conjunto soportado es formado por todos los valores de “x” para los que $\mu_{\tilde{A}}(x) > 0$, este conjunto coincide en todas sus características con un conjunto clásico. Los puntos de cruce son aquellos valores para los que $\mu_{\tilde{A}}(x) = 0.5$. Conjunto difuso tipo Singleton es aquel conjunto donde $\mu_{\tilde{A}}(x) = 1$.

¹⁰ Morales Luna, Guillermo. Introducción a la lógica difusa. Centro de Investigación y Estudios Avanzados del IPN (CINVESTAV-IPN) 7 de febrero de 2002, 12 pp.



Nota: Diagrama recopilado de: Martín del Brío Bonifacio, et. al. Redes neuronales y sistemas difusos. Ed. Alfaomega, segunda edición, pág. 249, 2005. Zaragoza, España.

4.3.4 Funciones de pertenencia.

Las funciones de pertenencia de un conjunto difuso son pares ordenados, $A = \{(x, \mu_A(x)) : x \in U\}$, tanto para variables discretas como para variables continuas. Para la definición de estas variables de pertenencia, se utilizan de forma convencional, ciertas familias de formas patrones, sin que esto reste la posibilidad de que se generen nuevas curvas de acuerdo al problema en estudio. Las más frecuentes son las funciones de tipo¹¹:

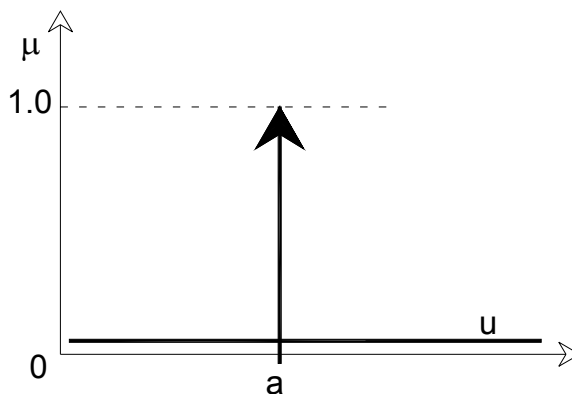
- Exponencial.
- Singleton.
- Tipo S.
- Tipo π .
- Trapezoidal.
- Triangular.

La función tipo **exponencial** corresponde a una función para un punto que se incrementa a lo largo de la curva de manera exponencial.

La función tipo **singleton** tiene los valores de 1, sólo para un punto a , y de 0 para el resto. Se utiliza comúnmente para definir los conjuntos difusos de las particiones de las variables de salida, ya que permite simplificar los cálculos y requiere menos memoria para almacenar la base de reglas. La función se define como:

$$S(x; a) = \begin{cases} 1 & x = a \\ 0 & x \neq a \end{cases}$$

¹¹ Martín del Brío Bonifacio, et. al. Redes neuronales y sistemas difusos. Ed. Alfaomega, segunda edición, pp 249 – 253, 2005. Zaragoza, España.

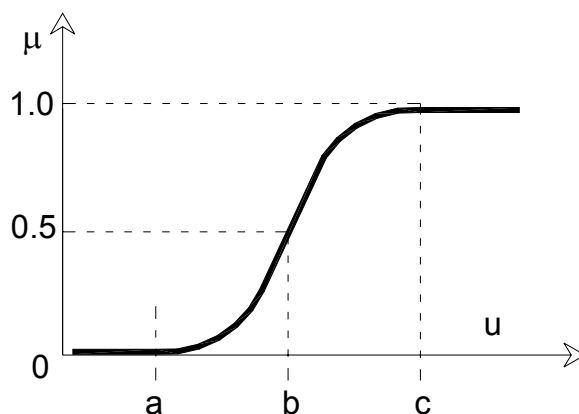


Nota: Diagrama recopilado de: Martín del Brío Bonifacio, et. al. Redes neuronales y sistemas difusos. Ed. Alfaomega, segunda edición, pág. 251, 2005. Zaragoza, España.

La función **tipo S** se caracteriza por tener un valor de inclusión distinto de 0 para un rango de valores por encima de un punto a , donde tiene el valor de 0 para un punto debajo de a y de 1 para valores mayores a c . En el punto de cruce, b , tiene un valor de 0.5, donde $b = (a + c) / 2$; y entre los puntos a y c , la función es de tipo cuadrático (suave).

Esta función se define como:

$$S(x; a, b, c) = \begin{cases} 0 & x < a \\ 2\left(\frac{x-a}{c-a}\right)^2 & a \leq x \leq b \\ 1 - 2\left(\frac{x-a}{c-a}\right)^2 & b \leq x \leq c \\ 1 & x < c \end{cases}$$



Nota: Diagrama recopilado de: Martín del Brío Bonifacio, et. al. Redes neuronales y sistemas difusos. Ed. Alfaomega, segunda edición, pág. 252, 2005. Zaragoza, España.

Pero también se han utilizado funciones exponenciales para definir el tipo S, como

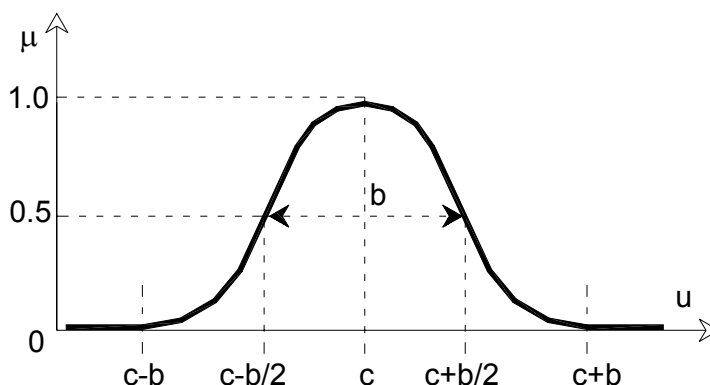
$$S(x; a, b, c) = \frac{1}{1 + \exp(-k(x - b))}$$



La función de **tipo π** tiene forma de campana, y es adecuada para los conjunto definidos en torno a un valor c . Se puede definir utilizando expresiones analíticas exponenciales o cuadráticas, como la campana de Gauss.

Se puede definir por medio de las siguientes expresiones:

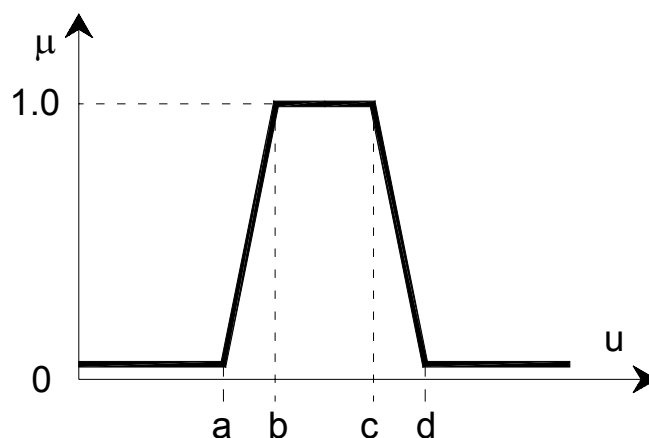
$$\pi(x; b, c) = \begin{cases} S(x; c-b, c-b/2, c) & x \leq c \\ 1 - S(x; c-b, c-b/2, c) & x \geq c \end{cases}$$



Nota: Diagrama recopilado de: Martín del Brío Bonifacio, et. al. Redes neuronales y sistemas difusos. Ed. Alfaomega, segunda edición, pág. 253 2005. Zaragoza, España.

La función tipo **trapezoidal** se define por cuatro puntos a , b , c y d . Esta función es 0 para valores menores de a y mayores de d , es 1 entre b y c , y finalmente toma valores en el rango $[0,1]$ para puntos entre a y b , y entre c y d . Se utiliza habitualmente en sistemas difusos sencillos, pues permite definir un conjunto difuso con pocos datos, y calcular su valor de pertenencia con pocos cálculos.

Se utiliza frecuentemente en sistemas basados en microprocesadores, ya que también pueden codificarse todas las demás funciones, excepto la trapezoidal y la exponencial; se obtienen según se distribuyan los cuatro puntos de la figura, para una función triangular $b = c$, para una de tipo S (pero no suave) se utiliza con $c=d=\max(X)$, y finalmente para una tipo singleton $a=b=c=d$.



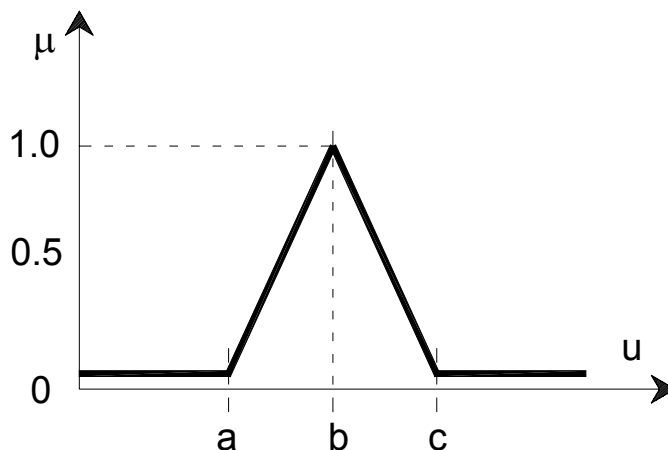
Nota: Diagrama recopilado de: Martín del Brío Bonifacio, et. al. Redes neuronales y sistemas difusos. Ed. Alfaomega, segunda edición, pág. 250 2005. Zaragoza, España.

Se define de la siguiente manera:

$$S(x; a, b, c, d) = \begin{cases} 0 & x < a \\ \left(\frac{x-a}{b-a}\right) & a \leq x \leq b \\ 1 & b \leq x \leq c \\ \left(\frac{d-x}{d-c}\right) & c \leq x \leq d \\ 0 & x > d \end{cases}$$

En último lugar, la función tipo **triangular** es adecuada para modelar propiedades con un valor de inclusión distinto a cero para un rango de valores estrecho en torno a un punto b. Esta función se puede definir como:

$$T(x; a, b, c) = \begin{cases} 0 & x < a \\ \left(\frac{x-a}{b-a}\right) & a \leq x \leq b \\ \left(\frac{c-x}{c-b}\right) & b \leq x \leq c \\ 0 & x > c \end{cases}$$



Nota: Diagrama recopilado de: Martín del Brío Bonifacio, et. al. Redes neuronales y sistemas difusos. Ed. Alfaomega, segunda edición, pág. 251 2005. Zaragoza, España.

Las funciones anteriores son las más usadas por convención, ya que abarcan un gran espectro de variables en problemas generales de economía, sociología, biología, etc. Sin embargo, se pueden generar funciones de pertenencia particulares al problema en estudio.

Por ejemplo, si definimos el universo de triángulos U , en donde:

$$U = \{(A, B, C) / A \geq B \geq C \geq 0; A + B + C = 180^\circ\}$$

Siendo A , B y C los ángulos internos del triángulo. Si definimos cuatro tipos diferentes de triángulos los cuales cumplirán con la regla descrita anteriormente, tales como:

- I aproximadamente triángulo isósceles.
- R aproximadamente triángulo rectángulo.
- E aproximadamente triángulo equilátero.
- T otros triángulos.

Para cada uno de los tipos de triángulos definidos anteriormente, se pueden determinar las correspondientes funciones de pertenencia:



$$\mu_{\underline{I}}(A, B, C) = 1 - \frac{1}{60^\circ} \min(A - B, B - C)$$

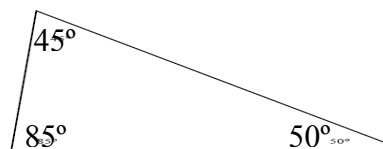
$$\mu_{\underline{R}}(A, B, C) = 1 - \frac{1}{90^\circ} |A - 90^\circ|$$

$$\mu_{\underline{E}}(A, B, C) = 1 - \frac{1}{180^\circ} (A - C)$$

$$\mu_{\underline{T}}(A, B, C) = \frac{1}{180^\circ} \min[3(A - B), 3(B - C), 2|A - 90^\circ|, A - C]$$

Para obtener la función de pertenencia para otros triángulos que no son ni isósceles, ni rectángulos y ni escálenos, utilizamos la siguiente relación:

$$\underline{T} \approx \underline{I} \cap \sim \underline{R} \cap \sim \underline{E}$$



Observando el triángulo anterior, a primera vista nos parece un triángulo rectángulo y quizás en términos prácticos así lo podremos considerar. Veamos que tan buena es nuestra intuición. Calculando la pertenencia del triángulo en cada uno de los conjuntos difusos:

$$\mu_{\underline{I}}(A = 85^\circ, B = 50^\circ, C = 45^\circ) = 0.94$$

$$\mu_{\underline{R}}(85^\circ, 50^\circ, 45^\circ) = 0.916$$

$$\mu_{\underline{E}}(85^\circ, 50^\circ, 45^\circ) = 0.7$$

$$\mu_{\underline{T}}(85^\circ, 50^\circ, 45^\circ) = 0.05$$

Nuestra intuición es buena, es 91.4% triángulo rectángulo, pero es más triángulo isósceles, en un 94%, porque sus tres lados tienen casi las mismas dimensiones.



4.3.5 Operaciones.

En la lógica Booleana tradicional, los conjuntos tradicionales son considerados como sistemas bivalentes alternando la inclusión o la exclusión de sus estados. La característica de la función discriminante refleja este espacio bivaluado como pertenece o no pertenece, (0 y 1).

Esto indica que la función de pertenencia para el conjunto A es cero si x no es un elemento en A y la función de pertenencia es 1 si x es un elemento en A. Dado que existen solamente dos estados, la transición entre estos dos estados es siempre inmediata.

La pertenencia de estos conjuntos está siempre totalmente especificada y no existe ambigüedad o dicotomía acerca de la pertenencia. Existen cuatro operaciones básicas de conjuntos en esta lógica.

- Unión
- Intersección
- Complemento
- Unión exclusiva

Al igual que en la teoría de conjuntos convencionales, en la lógica difusa existen definiciones específicas, llamados operadores, para combinar y especificar nuevos conjuntos difusos. Este conjunto de operadores provee las herramientas fundamentales de la lógica difusa.

Las operaciones mencionadas se pueden extender de varias formas a los conjuntos difusos, de modo que al restringirlas a los conjuntos usuales, coincidan con las comunes.

▪ Complemento	$\mu_{\bar{A}}(x) = 1 - \mu_A(x)$
▪ Unión	$\mu_{A \cup B}(x) = \max [\mu_A(x), \mu_B(x)]$
▪ Intersección	$\mu_{A \cap B}(x) = \min [\mu_A(x), \mu_B(x)]$
▪ Igualdad	$\mu_A(x) = \mu_B(x)$
▪ Norma	$\mu_{\text{normal}(A)}(x) = [\mu_A(x)] / \max [\mu_A(x)]$
▪ Concentración	$\mu_{\text{Conc}(A)}(x) = [\mu_A(x)]^2$
▪ Dilatación	$\mu_{\text{Dilat}(A)}(x) = [\mu_A(x)]^{1/2}$



En el caso usual, con las operaciones comunes de intersección, unión y complemento, el conjunto de conjuntos de U forman un álgebra booleana de topología clásica, es decir se cumplen las condiciones de:

- Asociatividad
- Conmutatividad
- Elementos neutros
- Potencia
- Absorción
- Distributividad
- Complemento y las leyes de Morgan.

4.3.6 Las etiquetas lingüísticas y operadores.

El centro de las técnicas de modelado difuso es la idea de variable lingüística. Desde su raíz, una variable lingüística es el nombre de un conjunto difuso.

Si tenemos un conjunto difuso llamado "largo" éste es una simple variable lingüística y puede ser empleada como una regla-base en un sistema basado en la longitud de un proyecto en particular. Si duración-proyecto es largo entonces la-terminación-de-tareas es DECRECIENTE; Una variable lingüística encapsula las propiedades de aproximación o conceptos de imprecisión en un sistema y da una forma de computar adecuada. Esto reduce la aparente complejidad de describir un sistema que debe concordar con su semántica. Una variable lingüística siempre representa un espacio difuso.

Lo importante del concepto de variable lingüística es su estimación de variable de alto orden más que una variable difusa. En el sentido de que una variable lingüística toma variables difusas como sus valores. En el campo de la semántica difusa cuantitativa al significado de un término "x" se le representa como un conjunto difuso $m(x)$ del universo de discusión.

Desde este punto de vista, uno de los problemas básicos en semántica es que se desea calcular el significado de un término compuesto.

La idea básica sugerida por Zadeh es que una etiqueta lingüística tal como "muy", "más" o "menos", "más o menos", "ligeramente", etc., puede considerarse como un operador que actúa sobre un conjunto difuso asociado al significado de su



operando. Por ejemplo en el caso de un término compuesto "muy alto", el operador "muy" actúa en el conjunto difuso asociado al significado del operando "alto".

Una representación aproximada para una etiqueta lingüística se puede lograr en términos de combinaciones o composiciones de las operaciones básicas explicadas en la sección anterior. Es importante aclarar que se hará mayor énfasis en que estas representaciones se proponen principalmente para ilustrar el enfoque, más que para proporcionar una definición exacta de las etiquetas lingüísticas.

Zadeh también considera que las etiquetas lingüísticas pueden clasificarse en dos categorías que informalmente se definen como:

- Tipo I: las que pueden representarse como operadores que actúan en un conjunto difuso: "muy", "más o menos", "mucho", "ligeramente", "altamente", "bastante", etc.
- Tipo II: las que requieren una descripción de cómo actúan en los componentes del conjunto difuso (operando): "esencialmente", "técnicamente", "estrictamente", "prácticamente", "virtualmente", etc.

En otras palabras, las etiquetas lingüísticas pueden ser caracterizadas como operadores más que construcciones complicadas sobre las operaciones primitivas de conjuntos difusos.

4.3.6.1 Etiquetas tipo I.

De acuerdo a éste punto de vista y sabiendo que el lenguaje natural es muy rico y complejo, tomamos el operador "muy" que podemos caracterizar con un significado de que aún cuando no tenga validez universal sea sólo una aproximación. Asumimos que si el significado de un término x es un conjunto difuso A , entonces el significado de muy X .

Más y menos

Se pueden definir etiquetas lingüísticas artificiales, por ejemplo: más, menos, que son instancias de lo que puede llamarse subrayadores y atenuadores respectivamente, cuya función es proporcionar ligeras variantes de la concentración y la dilatación.

Los exponentes se eligen de modo que se de la igualdad aproximada:

$$\text{mas mas } x = \text{menos muy } x$$

Y que, además, se pueden utilizar para definir etiquetas lingüísticas cuyo significado difiere ligeramente de otras.



Mas o menos

Otra etiqueta lingüística interesante es "más o menos" que en sus usos más comunes como "más o menos inteligente", "más o menos rectangular" etc., juega el papel de difusificador.

Ligeramente

Su efecto es dependiente de la definición de proximidad u ordenamientos en el dominio del operando. Existen casos, sin embargo, en los que su significado puede definirse en términos de etiquetas lingüísticas tipo I, bajo la suposición de que el dominio del operando es un conjunto ordenado linealmente.

Clase de...

Es una etiqueta lingüística que tiene el efecto de reducir el grado de pertenencia de los elementos que están en el "centro" (grados de pertenencia grandes) de una clase x e incrementa el de aquellos que están en su periferia (grados de pertenencia pequeños).

Regular

Es una etiqueta que tiene el efecto de reducir el grado de pertenencia de aquellos elementos que tienen tanto un alto grado de pertenencia al conjunto como de aquellos que lo tienen pequeño, y sólo aumenta el grado de pertenencia de aquellos elementos que tienen un grado de pertenencia cercano.

4.3.6.2 Etiquetas tipo II.

Su caracterización envuelve una descripción de forma que afectan a los componentes del operando, y por lo tanto es más compleja que las del tipo I. En general, la definición de una etiqueta de este tipo debe formularse como un algoritmo difuso que envuelve etiquetas tipo I.

Su efecto puede describirse aproximadamente como una modificación de los coeficientes de ponderación de una combinación convexa. Como la magnitud de las ponderaciones es una medida del atributo asociado, intuitivamente una etiqueta de este tipo tiene el efecto de aumentar las ponderaciones de los atributos importantes y disminuir los que relativamente no lo son.



4.3.7 Evaluación sintética difusa

En este proceso de evaluación los elementos individuales y componentes se sintetizan en una forma de agregado, conjuntos o “clusters”. Dichos elementos pueden ser numéricos o no numéricos, y el proceso de síntesis difusa consiste en acomodar a todos los elementos de manera ordenada en un solo conjunto empleando uno o varios criterios validos. La evaluación normalmente se realiza en términos lingüísticos cuando la evaluación numérica es muy compleja, inaceptable o muy efímera.

Esta herramienta requiere de la definición de una base de evaluación, a partir de la cual serán comparadas todas las alternativas disponibles y se determinara una comparación relativa con ciertos patrones de evaluación.

La asignación de valores a las relaciones se puede llevar a cabo principalmente a través de seis métodos:

- Producto cartesiano.
- Expresión de forma cerrada.
- Examinar datos.
- Reglas lingüísticas basadas en conocimientos.
- Clasificación.
- Métodos similares en la manipulación de información.

4.3.8 Toma de decisiones multiobjetivo.

Normalmente las decisiones se deben tomar cuando hay más de un objetivo en juego, también se puede tener el caso de que cada objetivo tenga un peso específico en la toma de decisiones. Esta es quizás la herramienta mas útil que puede encontrar el proceso de la administración de riesgos en la lógica difusa, por que permite tomar en cuenta en todos los puntos de opinión de las diferentes disciplinas.

Por lo general el problema de decisión multi - objetivo involucra la selección de una riesgo, de un universo de escenarios posibles dado un conjunto de criterios u objetivos que son importantes para la toma de decisiones. Este proceso naturalmente requiere de información subjetiva de la decisión concerniente a la importancia de cada objetivo.

Usaremos, principalmente estas dos herramientas, para la evaluación de riesgos pero esto no restringe a nadie de poder usar otras herramientas existentes dentro de la lógica difusa.



5.1 Introducción.

Como ya se vio en el capítulo III; la evaluación de riesgos es una parte fundamental de la administración del riesgo, la cual se conforma de las siguientes etapas:

- Identificación de riesgos
- Clasificación de riesgos
- Análisis y cuantificación de los riesgos o Evaluación de riesgos
- Respuesta al riesgo
- Seguimiento de la respuesta al riesgo

La evaluación, a diferencia de la cuantificación hace una estimación de los riesgos, la cual puede ser cuantitativa o cualitativa. Pero también busca hacer una jerarquía de los eventos riesgosos para controlar aquellos de mayor riesgo.

Este trabajo solo se enfoca a este punto de la administración del riesgo, — la evaluación del riesgo —, y en este contexto podemos decir que la lógica difusa resulta una excelente herramienta para pasar de una evaluación de tipo cualitativo a una cuantificación formal dentro del campo teórico de la lógica difusa.

Esto es posible por que la lógica difusa permite realizar cuantificaciones con variables de entrada lingüísticas o variables de entrada calificadas desde un grupo de cualidades apreciables por el evaluador. La lógica difusa hará uso de curvas de pertenencia para pasar de características a valores numéricos, para esto es necesario contar con información de calidad, la cual se condensará en una curva de pertenencia, esta información puede ser adquirida por diversas vías pero la más recurrente será la experiencia, ya sea a través de expertos o a través de históricos.

Es importante entender que lo que aquí se propone es más que un nuevo método de evaluación de riesgos. Hasta el día de hoy cualquier método de evaluación de riesgo se basa en la probabilidad de ocurrencia. Sin embargo para una gran gama de casos es inexistente la información estadística mínima necesaria para considerar una probabilidad de ocurrencia confiable, uno de estos casos es la evaluación de riesgos de un proyecto cuando no se cuenta con más información que las bases técnicas de la etapa de licitación.

Por ello se propone una metodología fundamentada en lo que si se cuenta en ese momento como: la experiencia, la intuición y todo tipo de información de naturaleza no exacta.



Esto implica hacer un cambio en la forma de evaluar los riesgos y pasar de una evaluación basada en la probabilidad estadística a una evaluación basada en la posibilidad de que algo ocurra.

Y en este terreno la lógica difusa es una excelente herramienta. Hay que tener claro que cualquier método parte de la definición clara del objetivo que se persigue y esta no es la excepción, todo depende de qué queremos evaluar, es decir, cual es el enfoque que le daremos a una evaluación de riesgos.

Esta propuesta de evaluación de riesgos, por su naturaleza, — la cual se basa en la teoría de lógica difusa con semejanza a la teoría de redes neuronales y algoritmos genéticos —, requiere una administración de riesgos que le permita funcionar, y esta administración de riesgos tiene por fuerza que ser compatible con los campos teóricos sistémicos.

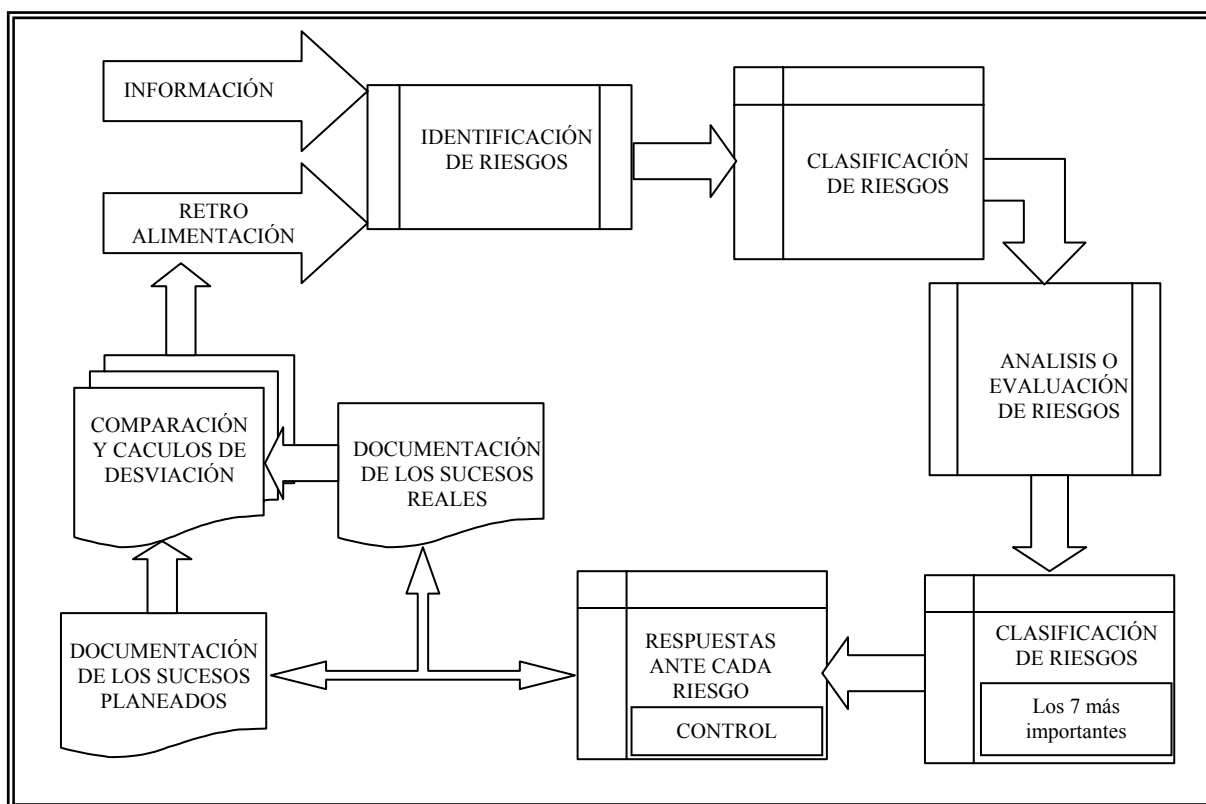
Por esta razón, aun que no resulta ser parte del alcance del trabajo, se iniciará este capítulo hablando sobre una administración del riesgo basada en la teoría de sistemas.



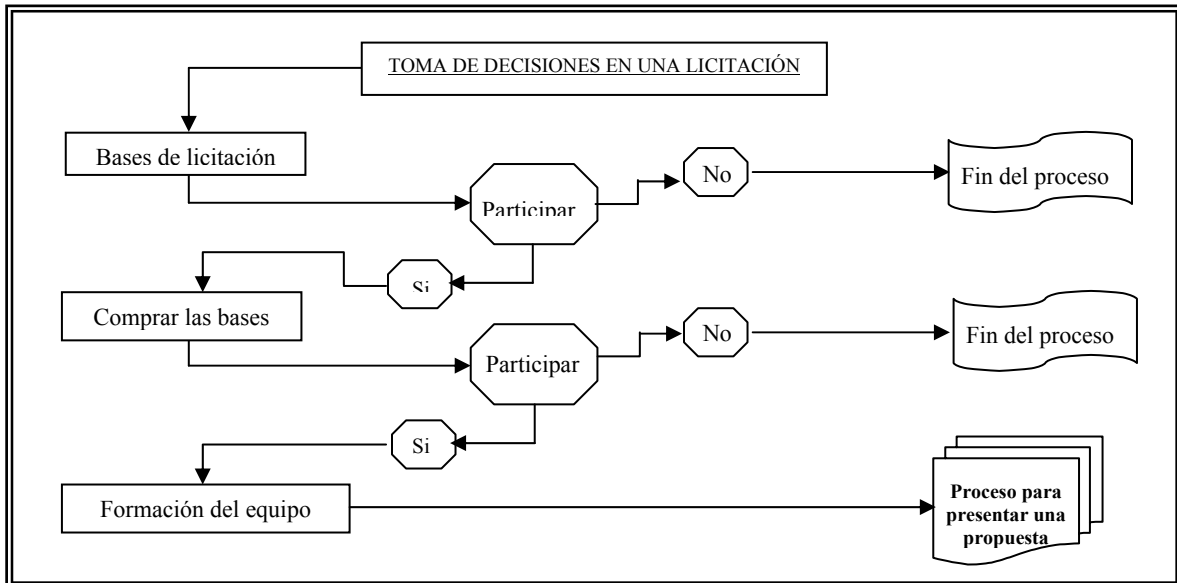
5.2 Administración de riesgos

Una administración de riesgos basada en la teoría sistémica debe contemplar la evolución del sistema y la retroalimentación, por este motivo se debe partir de la base de que ningún sistema es estático, este cambiará con el tiempo por lo que se debe generar una base de datos en la cuál se registre la evolución del sistema y a tiempo paralelo se administre la retroalimentación.

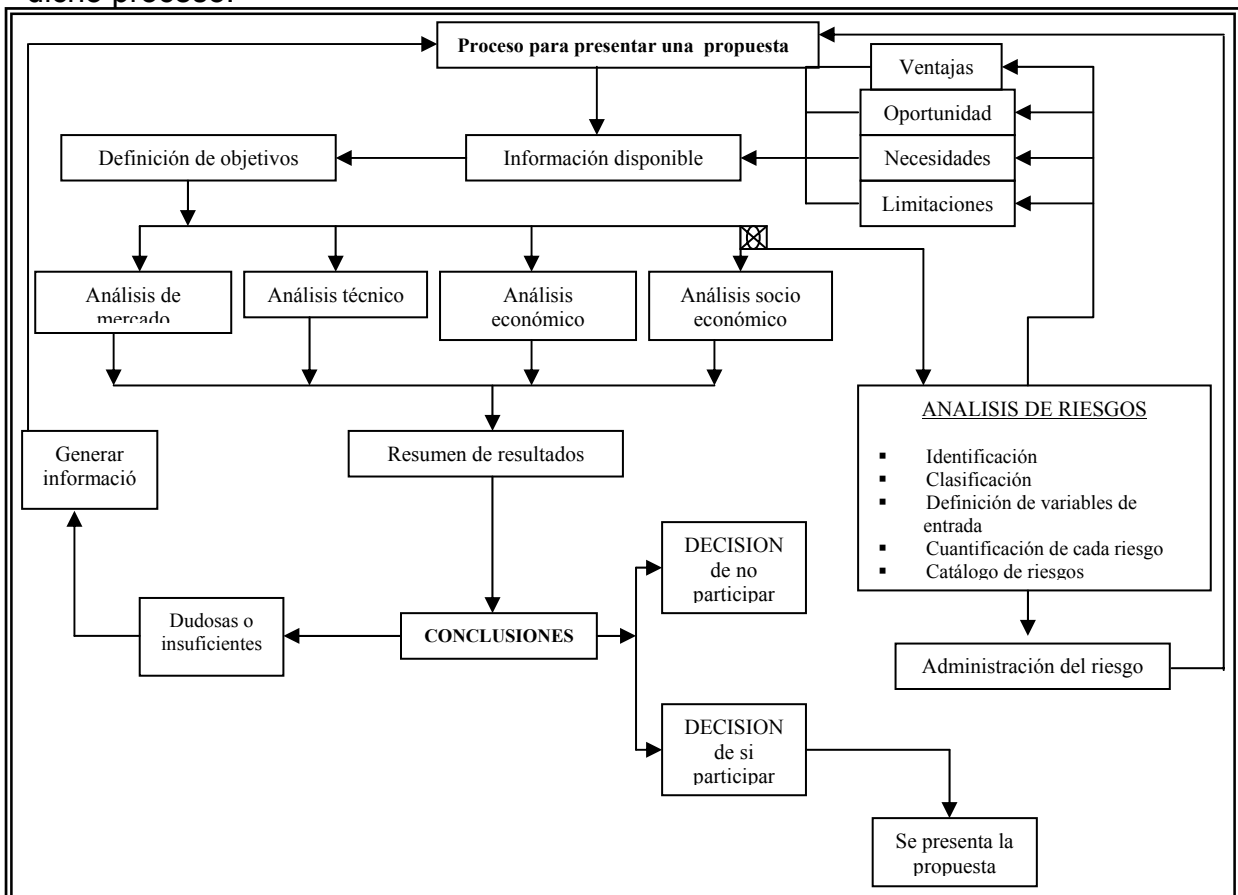
Una administración de riesgos acorde a lo anterior puede ser la representada en el siguiente esquema:



Esta administración de riesgo no tiene ningún sentido si no se contextualiza. En un proyecto industrial hay que tomar decisiones y **la primer decisión lógica es la que surge al momento de publicarse una licitación** sobre el proyecto, esta decisión gira sobre la participación o no en el concurso para ganar el contrato. Esto lo podemos ver en el siguiente diagrama:



Dentro del proceso para presentar una propuesta es donde se inicia el análisis o evaluación de riesgos. En el siguiente esquema se presenta la propuesta para dicho proceso.



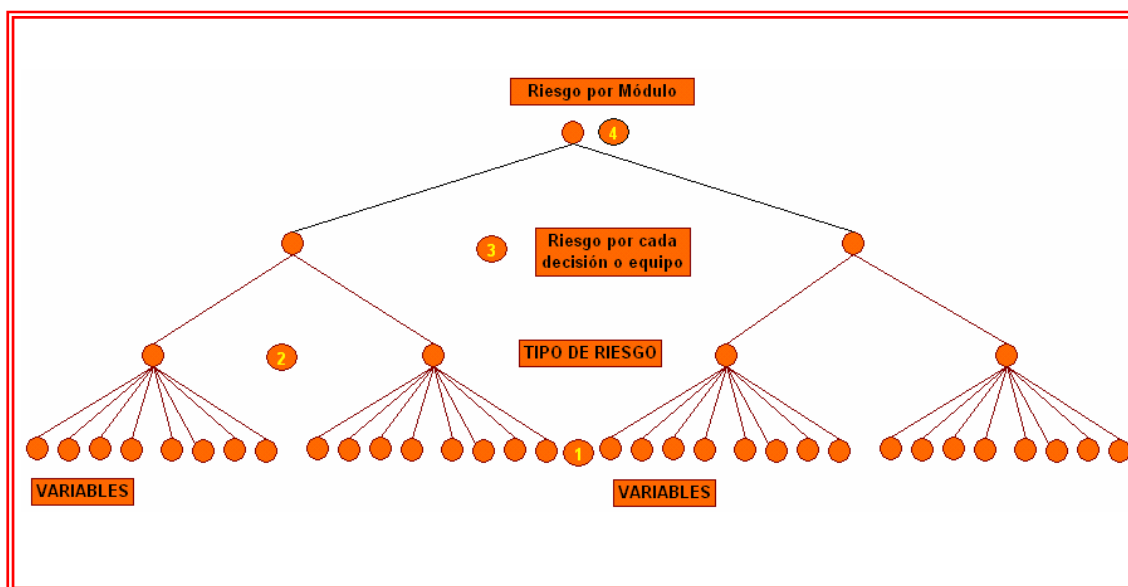


El diagrama anterior, es una propuesta por parte del autor para llevar una administración desde el punto de vista de la teoría de sistemas. Esta administración puede o no contar con una evaluación de riesgos usando lógica difusa, es más, ni si quiera tiene que contar con una evaluación de riesgo ya que en algunos casos bastaría realizar solo un análisis de riesgos.

Sin embargo existen algunas ventajas, como veremos en el presente capítulo, si se incluye en el proceso del diagrama anterior, una evaluación de riesgos que use lógica difusa y para realizar esto, el autor propone una metodología basada en los principios de las redes neuronales.

La propuesta de la metodología consiste en evaluar el riesgo general de un proyecto a través de una red de capas, específicamente una red de 4 capas; donde las tres primeras estén destinadas a la evaluación del riesgo general de cada módulo, en donde un modulo puede ser una sección de la planta o una etapa de la ingeniería del proyecto. En la siguiente capa se evaluará el riesgo global por proyecto, tomando la información resultante de la evaluación de riesgos por módulo.

Lo anterior se podrá ver con mayor claridad en los dos esquemas siguientes:



En donde el primer nivel, identificado con el círculo rojo y número "1" color amarillo, representa la capa de entrada de información, como se vio en el capítulo V debe de ser alimentado por un difusificador y para esto tenemos las herramientas descritas anteriormente.



La información de entrada será tratada con un dispositivo de inferencia difusa, en el cual se aplicarán las reglas difusas adecuadas, previamente establecidas. Para después pasar al segundo nivel.

Es en esta segunda capa o nivel de la red donde la red funcionará como una red neuronal compuesta por una entrada de datos emanada de la primer capa y procesada con ayuda de pesos de contribución. La información de entrada en esta segunda capa es una evaluación de cada tipo de riesgo, (Ecológico, contractual, etc.), y lo que saldrá como información de entrada a la tercer capa será un riesgo general por cada actividad.

Una vez teniendo la evaluación del riesgo general por actividad, se agruparán las actividades comunes a cada módulo, para calcular el riesgo global de cada módulo en que se dividió el proyecto, esto se realizará en la capa o nivel tres.

El módulo podrá ser un equipo, una sección de planta, una planta, una refinería o una etapa de ingería como procura, ingeniería básica. Etc., dependiendo solo del objetivo de la evaluación.

De la misma manera, en la capa cuatro se recibirá información de evaluaciones de riesgos por módulo para ser manipulados con pesos de contribución y obtener información de una evaluación de riesgo global por proyecto.

Esta es la descripción general de la metodología, de aquí en adelante entraremos en los detalles algorítmicos de cada capa de la red.

5.3 Algoritmos.

En esta metodología se empleará la definición de riesgo desarrollada en el capítulo II, que parte de la definición clásica mostrada en la siguiente igualdad.

$$\text{RIESGO} = \text{PROBABILIDAD} \times \text{CONSECUENCIAS}$$

Solo que en lugar de considerar la probabilidad, se considerará la posibilidad, quedando de la siguiente forma:

$$\text{RIESGO} = \text{POSIBILIDAD DE OCURRENCIA} \times \text{CONSECUENCIAS}$$

La posibilidad de ocurrencia se obtendrá usando los operaciones y herramientas difusas descritas en el capítulo IV, teniendo un rango de valor continuo de [0 , 1], al igual que una función de pertenencia.

La dimensión llamada “CONSECUENCIAS”, serán definidas por las horas hombre requeridas para corregir las implicaciones de un escenario no deseable o escenario



con posibilidad de atrasar el termino del proyecto, para esta parte; este método requiere hacer uso de los siguientes documentos:

- Programa de fechas clave.
- Alcance del proyecto.
- Estructura del trabajo a realizar durante el proyecto, WBS.
- Presupuesto en “Horas – Hombre” contra costo.
- Programas maestros por etapa o disciplina, así como un programa maestro general.

Con los documentos anteriores estimaremos, con cada riesgo, el posible retraso en la duración del proyecto y con ello se estimarán los recursos necesarios para evitar el aumento en la duración del proyecto, con la finalidad de evitar las penalizaciones.

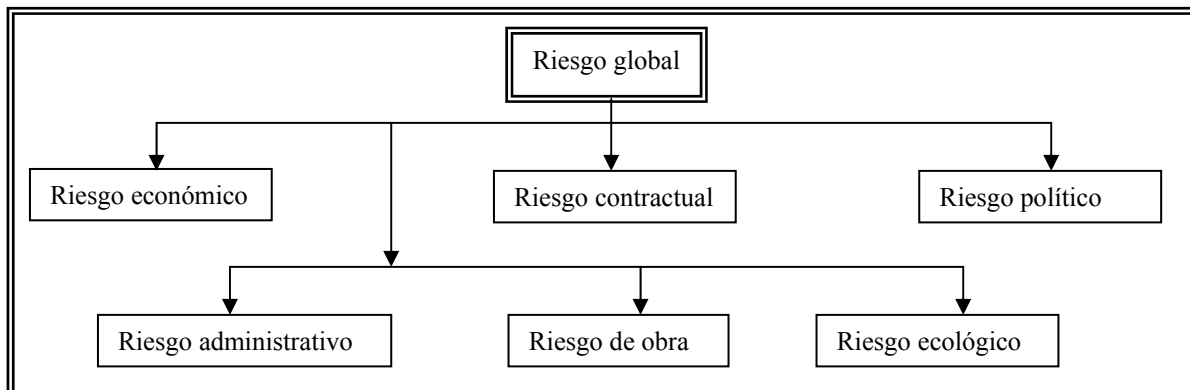
Quedará a juicio del tomador de decisiones: el invertir recursos para prevenir los riesgos de mayor posibilidad de ocurrencia o mayor impacto, el invertir recursos para corregir los sucesos adversos no previstos, o simplemente decidir pagar una penalización por que esta resulta más barata que asignar recursos para corregir las desviaciones en el tiempo de entrega.

5.4 Etapas de la metodología.

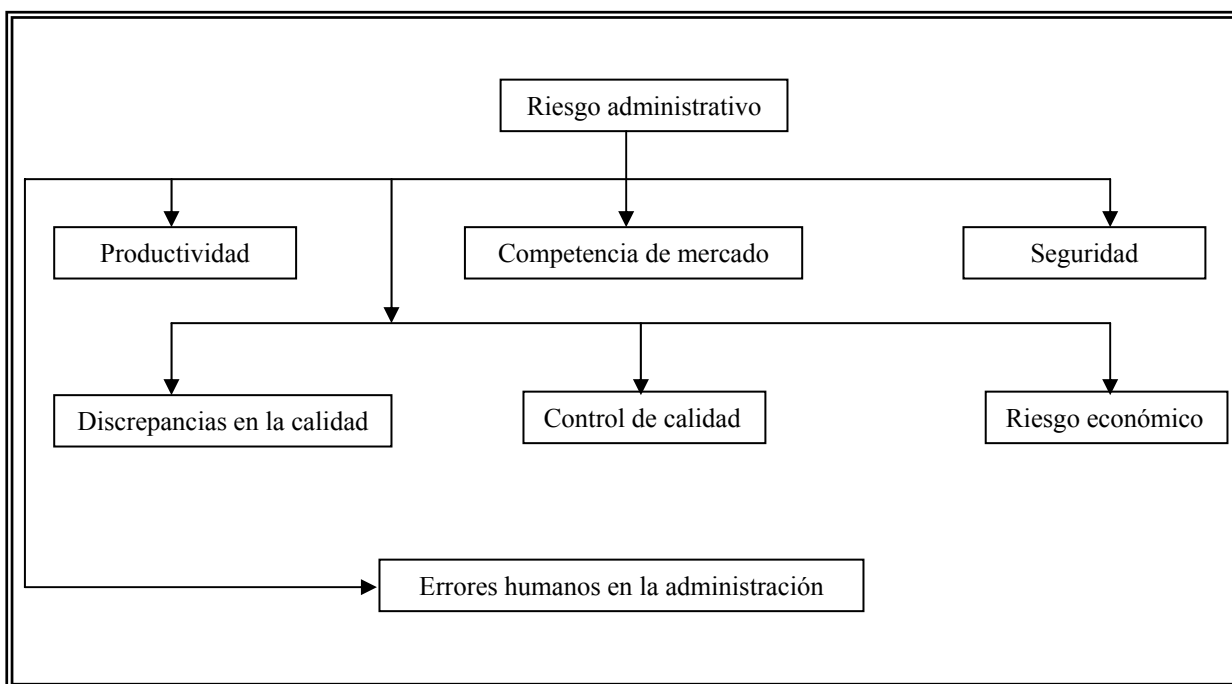
5.4.1 Paso 1: Identificación de riesgos.

Esta metodología, al igual que las existentes partirá de una identificación y clasificación de riesgos y aunque puede usarse cualquier método de identificación y clasificación, (Incluyendo una lluvia de ideas), aquí se recomienda seguir lo planteado en el capítulo II, y utilizar solo seis grupos o categorías de riesgos: **Riesgo Administrativo; Riesgo Contractual; Riesgo De construcción; Riesgo Económico; Riesgo Político; Riesgo Ecológico.**

En estos seis grupos de riesgos es posible englobar todos los riesgos que pueden presentarse durante un proyecto, como se puede observar en el siguiente esquema:

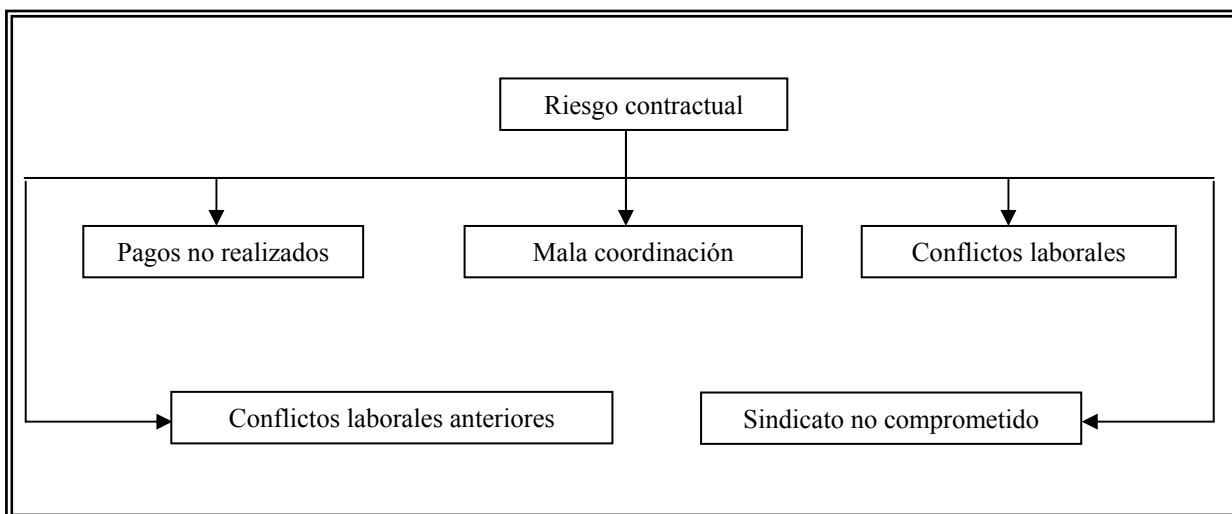


Y de la misma manera que en capítulo II, este esquema se puede seguir abriendo por cada riesgo como se ve en el esquema siguiente, para el riesgo administrativo:





Para el riesgo contractual tenemos el siguiente esquema:



Los esquemas anteriores se pueden seguir abriendo un nivel más para algunas casillas, la clasificación completa se puede leer en el capítulo II de este trabajo.

5.4.2 Paso 2: Creación de curvas de pertenencia.

Una vez identificados los riesgos y clasificados, proseguimos con la formación de las curvas de pertenencia y/o con la formación de las matrices de pertenencia para cada riesgo y para esto es necesario la integración de un equipo de expertos por disciplina y un experto en lógica difusa.

Por ejemplo para el caso en que se desee saber la posibilidad de tener un **riesgo no aceptable** en un proyecto por contar con una mano de obra mal calificada o de baja calidad en cuanto a destreza, habilidad o técnica; se puede generar una curva con las siguientes consideraciones:

La mano de obra se puede calificar de la siguiente manera:

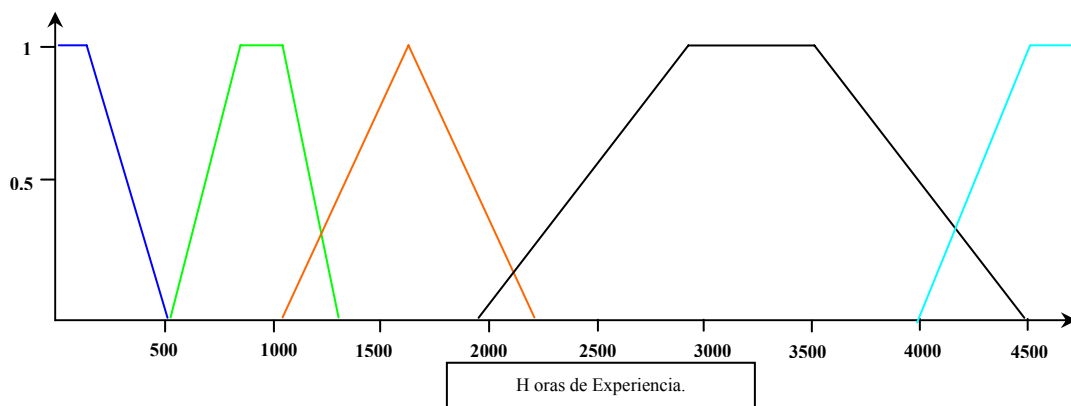
- Mano de obra experta; (Altamente calificada o de alta calidad)
- Mano de obra calificada; (Mano de obra de buena calidad)
- Mano de obra buena; (Mano de obra de calidad aceptable)
- Mano de obra regular; (Mano de obra de baja calidad)
- Mano de obra no adecuada; (Mano de obra de mala calidad)

Y de manera intuitiva se le puede asignar un tabulador de evaluación de acuerdo a un cierto criterio, y al autor se le ocurre utilizar como tabulador las horas hombre promedio que la cuadrilla presenta. Y de esta manera armar la siguiente tabla:



Etiqueta Lingüística	Horas promedio de experiencia
Experta	Más de 4000
Calificada	1800 a 4500
Buena	900 a 2400
Regular	500 a 1300
No adecuada	0 a 500

La tabla anterior debe salir de un experto. Con esta tabla es factible realizar nuestra primer curva de membresía, primero representaremos a cada etiqueta lingüística en una curva, en la siguiente figura se muestra como:



En la figura anterior se pueden ver mucho más claro las curvas de membresía de cada conjunto por ejemplo; se ve claramente que en la curva naranja que representa a una mano de obra calificada como “buena”, una persona o una plantilla solo podrán tener un valor de pertenencia de 1 si y solo si cumplen con 1,650 horas de experiencia, este tipo de curvas triangulares son muy restrictivas.

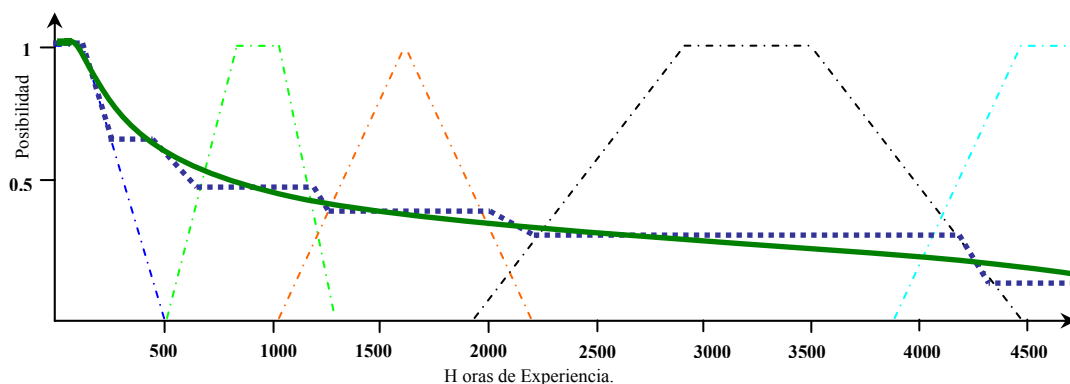
Bien, ahora es necesario armar, con ayuda de expertos, una matriz donde se vea la posibilidad de que el proyecto presente riesgo de atraso si cuenta con una mano de obra no adecuada, una mano de obra regular, etc. La matriz puede ser como la siguiente:

Mano De obra	POSIBILIDAD DE SUFRIR UN RETRASO EN EL PROYECTO O POSIBILIDAD DE COMETER ERRORES GRAVES			
	Posibilidad Optimista	Posibilidad Mesurada	Posibilidad Pesimista	Posibilidad Promedio
Experta	0.1	0.1	0.2	0.13
Calificada	0.2	0.3	0.4	0.3
Buena	0.3	0.4	0.5	0.4
Regular	0.4	0.5	0.6	0.5
No adecuada	0.6	0.7	0.8	0.7



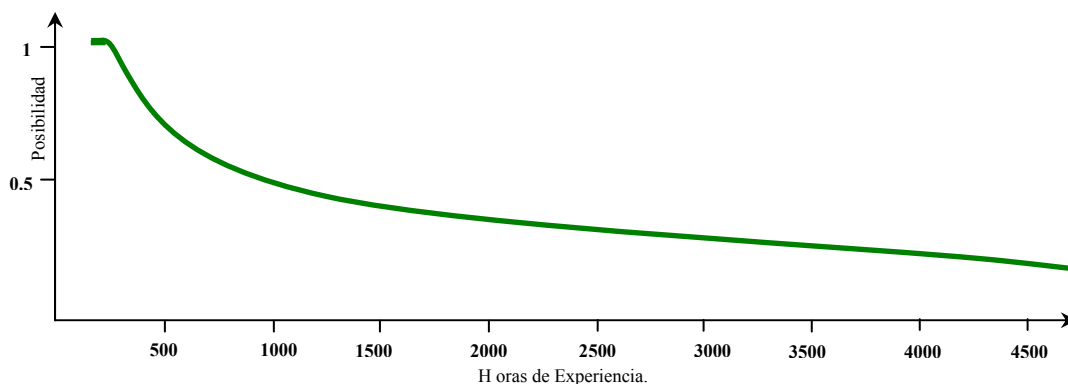
Nótese que la tabla anterior contiene posibilidad en lugar de probabilidad, pero también puede ser factible crear una tabla similar con datos de probabilidad, ya sea probabilidad estadística objetiva u probabilidad subjetiva, la cual también surge de la experiencia de un experto. Para este caso particular los valores de probabilidad subjetiva, muy probablemente serían idénticos a los de la tabla anterior.

Con los datos de la tabla anterior se puede obtener una curva de pertenencia en donde se evalúe que tipo de mano de obra representa mayor riesgo. Esto se puede hacer con una evaluación sintética entre la curva anterior y la matriz de posibilidades.



En la figura anterior, se pueden notar dos curvas de pertenencia para la variable “Mano de obra”, la primera; de línea punteado azul en forma escalonada y la segunda; de línea continua color verde en forma de curva suave. Cualquiera de las dos curvas puede usarse como la curva de pertenencia para la variable “mano de obra”, la decisión queda a juicio del grupo de expertos. En este caso optaremos por la de color verde.

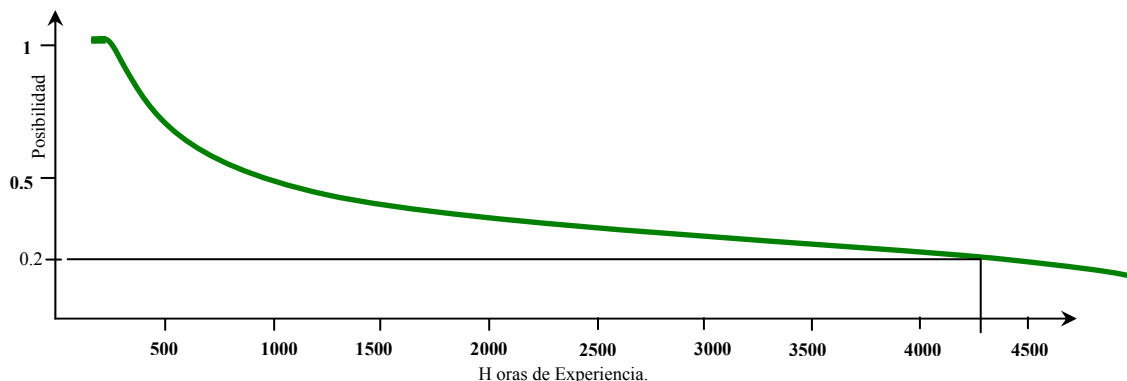
Quedando como curva de pertenencia para la mano de obra, la siguiente figura:



Así, se los datos sobre una flotilla de obreros para la etapa de construcción de cimentaciones presenta una experiencia promedio de 4,300 horas, su valor de



pertenencia en la curva anterior será de 0.2, como se puede apreciar en la figura de abajo.



Donde 0.2 representa la posibilidad de riesgo en la etapa de construcción por una “calidad de la mano de obra” con 4,300 horas de experiencia promedio. Siendo este el dato de entrada en la capa 1 de la red de cálculo. De una manera similar, para evaluar el riesgo de construcción dentro de un proyecto, se requerirá alimentar datos de:

- Calidad de la mano de obra,
- Calidad y disponibilidad del equipo,
- Calidad y disponibilidad del material,
- Calidad en los accesos a la zona de obra,
- Variabilidad en el volumen de obra,
- Posibilidad de realizar una construcción defectuosa.

Para cada una de las variables enumeradas arriba, será necesario construir su respectivas curvas de pertenencia de la misma forma en la que se hizo para la calidad de la mano de obra.

Para seguir ejemplificando la metodología, en este paso 2, se considera que las curvas de las cinco variables restantes, ya han sido creadas y los valores de pertenencia para cada variable en nuestro ejemplo son:

VARIABLE	VALOR DE MEMBRESIA
Calidad de la mano de obra	0.2
Calidad y disponibilidad del equipo,	0.4
Calidad y disponibilidad del material,	0.5
Calidad en los accesos a la zona de obra,	0.1
Variabilidad en el volumen de obra,	0.4
Posibilidad de realizar una construcción defectuosa	0.1



Con estos valores, podemos alimentar la capa 1 de la red y pasar al segundo nivel, en donde se obtendrá un valor para cada riesgo, en este ejemplo continuaremos usando el riesgo denominado como “riesgo de construcción”.

5.4.3 Paso 3: Creación de la matriz de evaluación.

Una vez identificados los riesgos existentes, clasificados y definidas las variables que intervienen en cada uno de ellos, se debe construir un patrón de medición. **En la lógica difusa predomina la comparación entre agregados o conjuntos**, comparando siempre un conjunto que representa los datos de entradas y otro que representa los datos de salida para así poder controlar. En esta metodología se hará algo similar.

El conjunto de datos de entrada son aportados, en cada proyecto, por un grupo de expertos. Y los datos del conjunto para evaluarlos saldrá de otro conjunto de expertos, la diferencia entre cada grupo de expertos es que en el primero se forma un grupo de baja heterogeneidad, siendo sus integrantes mayoritariamente personal técnico de la misma área o áreas afines.

El segundo grupo deberá ser conformado por elementos de mayor heterogeneidad que el anterior, ya que aquí es importante tomar en cuenta todos los objetivos de la empresa y del proyecto. Por lo que se propone conformar un grupo con expertos de cada área. El objetivo de este nuevo grupo de expertos es el de generar una matriz de comparación, en donde se encuentren representados los intereses técnicos, administrativos, ecológicos y sociales de la empresa manifestados en su visión y misión.

Este grupo recibirá del grupo anterior solo una lista de riesgos identificados y clasificados, sin mencionar la factibilidad de ocurrencia de estos. La tarea del nuevo grupo será asignar los valores deseables de cada riesgo, (Variables de entrada), enlistado. Al enlistar los valores deseables es fácil caer en el engaño de poner una calificación baja o nula, después de todo; ¿Quién desea tener un riesgo alto?.

El experto en evaluación difusa o facilitador, deberá crear la conciencia entre el grupo de que los riesgos son existentes e inherentes a cualquier actividad, jamás desaparecen y solo se les puede administrar. Y apelando a su experiencia, el facilitador, les pedirá que elaboren una matriz con los valores, dentro de la escala de 0 a 1, para cada variable de manera razonablemente aceptable.

Hay que entender claramente que la matriz anterior representa una diagnóstico en el presente de la empresa para llevar a cabo cierta tarea, en este ejemplo específico la tarea a realizar sería la de construcción. En cambio la nueva matriz representará una especie de registro histórico de la empresa en proyectos similares.



Para aclarar, supongamos que una firma de ingeniería desea competir por un proyecto de ingeniería de detalle y se encuentra evaluando el riesgo del proyecto con respecto a los recursos que cuenta para realizar dicha ingeniería. Ahora enfoquémonos en la situación siguiente: Dentro del los de riesgos identificados se encuentra la posibilidad de no entregar los DTI's a tiempo, debido a re-trabajos de los dibujantes por omisiones o errores en los diagramas.

En este contexto, el primer grupo de trabajo generó las curvas de pertenencia que arrojaron los siguientes valores de membresía:

Calidad de los dibujantes	0.4
Posibilidad de errores en los identificadores de línea,	0.3
Posibilidad de errores en los lazos de control,	0.3
Etc.,	

Los valores anteriores representan un diagnósticos sobre la situación presente de la firma, mientras que la matriz de evaluación deberá basarse en la situación histórica de la firma. Si la historia de la firma indica que los errores en los lazos de control no son muy frecuentes pero, en cambio los errores en los identificadores de línea han sido una constante en la empresa, la matriz de evaluación deberá reflejar esto, pudiendo ser de la siguiente forma:

Calidad de los dibujantes	0.3
Posibilidad de errores en los identificadores de línea,	0.4
Posibilidad de errores en los lazos de control,	0.2
Etc.,	

Claro es que lo deseable sería tener un control de calidad interno de cero errores, pero esto es un objetivo deseable y no existe antecedente que avale el cumplimiento del mismo. Por lo que se debe ser coherente con el desempeño mostrado históricamente por la firma.

De regreso a nuestro ejemplo original. Supongamos que la matriz propuesta por el grupo de expertos para el riesgo de construcción es el siguiente:

VARIABLE	RIESGO RAZONABLEMENTE...		
	ACEPTABLE	INDIFERENTE	NO ACEPTABLE
Calidad de la mano de obra	0.3	0.5	0.6
Calidad y disponibilidad del equipo	0.3	0.4	0.5
Calidad y disponibilidad del material	0.2	0.4	0.4
Calidad en los accesos a la zona de obra	0.5	0.7	0.8
Variabilidad en el volumen de obra	0.4	0.4	0.5
Calidad de la construcción	0.1	0.1	0.2



Se puede observar que los criterios arriba evaluados presentan un grado de difusividad importante, pues existen variables con el mismo valor para la etiqueta lingüística “aceptable” como para la etiqueta “indiferente”. Veremos como en casos tan ambiguos como éste, que no son poco comunes, la lógica difusa ofrece una salida.

Además resulta llamativo ver que la firma ha presentado una baja calificación en el rubro de “variabilidad en el volumen de obra”, lo que de entrada nos indica que este rubro esta descuidado.

6.4.4 Paso 4: Evaluación de la situación.

En este paso lo que haremos será diagnosticar las posibilidades actuales de la empresa para realizar el proyecto, con respecto a sus propios patrones de desempeño. Para ello haremos uso de la herramienta llamada, evaluación sintética. La cuál nos permite comparar dos conjuntos, donde uno de ellos contiene los datos patrón y el otro los datos a comparar extraídos de la realidad.

A la primer matriz, la denominaremos como relación difusa de pertenencia y estará representada por la letra “E”.

A la segunda matriz, la denominaremos como relación difusa de evaluación y estará representada por la letra “R”.

El resultado de la evaluación sintética será otra relación difusa que represente las intersecciones de los conjuntos evaluados, esta relación difusa la representaremos con la letra “I” y presentará por definición la siguiente ecuación de pertenencia:

$$\mu_I(x, y) = \mu_{EXR}(x, y) = \min. [\text{máx.} (\mu_E(x), \mu_R(y))],$$

proveniente de la ecuación general siguiente:

$$\mu_{V \rightarrow R}(x, y) = \min[\max[\mu(x), \mu(y)], 1 - \mu(x)]$$

Siguiendo la ecuación anterior, nos queda la siguiente matriz:

VARIABLE	RIESGO RAZONABLEMENTE		
	ACEPTABLE	INDIFERENTE	NO ACEPTABLE
Calidad de la mano de obra.	Máx.(0.2, 0.3)	Máx.(0.2, 0.5)	Máx.(0.2, 0.6)
Calidad y disponibilidad del equipo.	Máx.(0.4, 0.3)	Máx.(0.4, 0.4)	Máx.(0.4, 0.5)
Calidad y disponibilidad del material.	Máx.(0.5, 0.2)	Máx.(0.5, 0.4)	Máx.(0.5, 0.4)
Calidad en los accesos a la zona de obra.	Máx.(0.1, 0.5)	Máx.(0.1, 0.7)	Máx.(0.1, 0.8)
Variabilidad en el volumen de obra.	Máx.(0.4, 0.4)	Máx.(0.4, 0.4)	Máx.(0.4, 0.5)
Calidad de la construcción.	Máx.(0.1, 0.1)	Máx.(0.1, 0.1)	Máx.(0.1, 0.2)



De la matriz anterior podemos obtener la primer evaluación difusa para el riesgo de construcción.

VARIABLE	RIESGO RAZONABLEMENTE		
	ACEPTABLE	INDIFERENTE	NO ACEPTABLE
Calidad de la mano de obra	0.3	0.5	0.6
Calidad y disponibilidad del equipo	0.4	0.4	0.5
Calidad y disponibilidad del material	0.5	0.5	0.5
Calidad en los accesos a la zona de obra	0.5	0.7	0.8
Variabilidad en el volumen de obra	0.4	0.4	0.5
Calidad de la construcción	0.1	0.1	0.2

Aplicando la segunda parte de la formula de evaluación sintética.

VARIABLE	POSIBILIDAD DEL RIESGO
Calidad de la mano de obra	Min. (0.3, 0.5, 0.6)
Calidad y disponibilidad del equipo,	Min. (0.4, 0.4, 0.5)
Calidad y disponibilidad del material,	Min. (0.5, 0.5, 0.5)
Calidad en los accesos a la zona de obra,	Min. (0.5, 0.7, 0.8)
Variabilidad en el volumen de obra,	Min. (0.4, 0.4, 0.5)
Posibilidad de realizar una construcción defectuosa	Min. (0.1, 0.1, 0.2)

Obtenemos la evaluación final mostrada en la tabla siguiente:

VARIABLE	POSIBILIDAD DEL RIESGO
Calidad de la mano de obra	0.3
Calidad y disponibilidad del equipo,	0.4
Calidad y disponibilidad del material,	0.5
Calidad en los accesos a la zona de obra,	0.5
Variabilidad en el volumen de obra,	0.4
Posibilidad de realizar una construcción defectuosa	0.1

La tabla anterior es suficiente conclusión sobre el riesgo existente en la disciplina de construcción, pero la lógica difusa exige obtener un tabla de salida de forma lingüística como la mostrada a continuación.

VARIABLE	POSIBILIDAD DEL RIESGO
Calidad de la mano de obra	ACEPTABLE
Calidad y disponibilidad del equipo,	INDIFERENTE
Calidad y disponibilidad del material,	NO ACEPTABLE
Calidad en los accesos a la zona de obra,	ACEPTABLE
Variabilidad en el volumen de obra,	ACEPTABLE
Posibilidad de realizar una construcción defectuosa	ACEPTABLE



En esta última tabla se puede ver de manera evidente que en el rubro de nombre “Calidad y disponibilidad del material” hay que tomar medidas preventivas por que no son aceptables las condiciones del actual proyecto en dicho rubro.

6.4.5 Paso 5: Evaluación del riesgo.

La tabla de resultados anterior es útil para mostrar una resultado parcial detallado de cada variable analizada y a partir de ella generar medidas de acción. Pero para continuar con la evaluación del riesgo global es necesario regresarnos a la penúltima tabla y obtener un solo valor de los seis que presenta.

VARIABLE	POSIBILIDAD DEL RIESGO
Calidad de la mano de obra	0.3
Calidad y disponibilidad del equipo,	0.4
Calidad y disponibilidad del material,	0.5
Calidad en los accesos a la zona de obra,	0.5
Variabilidad en el volumen de obra,	0.4
Posibilidad de realizar una construcción defectuosa	0.1

Para lograrlo echaremos mano una vez más de la lógica difusa y tomaremos el valor máximo de los seis, máx. (0.3, 0.4, 0.5, 0.5, 0.4, 0.1), por la simple razón de que representa el riesgo más alto relativo. Por lo que el valor posibilístico del riesgo de construcción es de $P(C) = 0.5$. Usando la ecuación principal para evolución de riesgo tenemos:

$$\text{RIESGO} = \text{POSIBILIDAD DE OCURRENCIA} \times \text{CONSECUENCIAS}$$

$$\text{RIESGO} = (0.5) \times \text{CONSECUENCIAS}$$

Lo que hace falta ahora es definir el costo en horas hombre en caso de que se presente un escenario desfavorable en la etapa de la construcción.

El valor de 0.5 será el valor de salida de la capa 1 y de entrada a la capa 2 de la red de cálculo. Es en esta capa donde la red funcionará como una red neuronal compuesta por una entrada de datos emanada de la primer capa y procesada con ayuda de pesos de contribución.

Los pesos serán dados por un grupo de expertos pertenecientes a la alta gerencia con total congruencia con las políticas de la firma. Descansando la responsabilidad en el gerente de proyectos.



6.4.6 Funciones matemáticas de la red.

La evaluación del riesgo a partir de la capa dos se realizará con la siguiente función:

$$X = f_2(x) \rightarrow X = W_1 * P_{(ADM)} + W_2 * P_{(CONS)} + W_3 * P_{(ECL)} + W_4 * P_{(ECN)} + W_5 * P_{(CTR)} + W_6 * P_{(POL)}$$

Donde X representa la posibilidad de riesgo total por modulo, W representa el peso asignado a cada tipo de riesgo y P es la posibilidad de ocurrencia obtenido con lógica difusa.

Para garantizar la precisión de la evaluación es recomendable que, los pesos W sean cálculos de acuerdo a la teoría de las redes neuronales pero por estar fuera del alcance de este trabajo bastará por el momento una asignación por el tomador de decisiones.

El valor de salida, X, será el valor de entrada a la tercer capa en donde la evaluación continuará con la siguiente función.

$$Z = f_2(z) \rightarrow Z = W_7 * P_{(Mod. 1)} + W_8 * P_{(Mod. 2)} + \dots + W_n * P_{(Mod. n)},$$

$$P_{(Mod. 2)} = X_1, X_2, \text{ etc.}, \text{ Calculado con la ecuación de; } X = f_2(x)$$

De forma similar a la capa anterior, se recomienda calcular los pesos de acuerdo a la teoría de las redes neuronales, pero de la misma manera y por el mismo motivo, bastará con ser asignados por el tomador de decisiones.

Al final este proceso se tendrá un valor numérico entre 0 y 1 que reflejara la posibilidad global de enfrentar un escenario adverso durante la ejecución del proyecto evaluado. Para obtener el riesgo en esta parte o en cualquier otra parte de la evaluación es necesario utilizar la ecuación principal de riesgo.

RIESGO = POSIBILIDAD DE OCURRENCIA x CONSECUENCIAS

Donde la posibilidad de ocurrencia es el valor numérico de salida de las capas de la red de calculo, es decir que la formula tomará cualquiera de las siguientes formas:

$$\text{RIESGO} = Z \times \text{CONSECUENCIAS.}$$

$$\text{RIESGO} = X \times \text{CONSECUENCIAS.}$$

$$\text{RIESGO} = P_{(ADM)} \times \text{CONSECUENCIAS}$$

Las consecuencias se estimarán en valor económico utilizando las horas hombre necesarias para prevenir o corregir las desviaciones del proyecto con respecto al programa.



6.1 Introducción.

Para mostrar la aplicabilidad de la metodología de evaluación, propuesta en capítulos pasados, se vuelve indispensable utilizar un proyecto real como caso de estudio.

En este capítulo se presentará la descripción de un proyecto de la industria petroquímica para posteriormente aplicar la metodología. Debido a lo extenso del alcance del proyecto seleccionado y por razones prácticas solo se evaluará una parte del total del proyecto, previamente identificada y descrita a detalle.

pero por razones de confidencialidad se omitirá cualquier frase, nombre o indicio que lleve a la verificación de la identidad del licitante, del licenciador, de la firma ejecutora del proyecto, de la ubicación del proyecto e incluso del monto económico del proyecto.

6.2 Descripción del proyecto.

Debido a la producción de gas húmedo amargo proveniente de un complejo de refinación de cierta corporación y a la dificultad de disponer del mismo de otra forma que no sea enviarlo al un quemador. Causando así un daño ecológico de la región con su consecuente deterioro, tanto de la región como de la imagen de la corporación y una cuantiosa pérdida ligada a la renta económica del hidrocarburo. La corporación tomó la decisión de instalar en los terrenos aledaños a la refinería, un paquete de plantas para el proceso de 34 millones de pies cúbicos de gas amargo y el aprovechamiento de sus productos derivados.

Para esto, su departamento de infraestructura ha programado la realización del proyecto, "APROVECHAMIENTO DE GAS NATURAL DEL COMPLEJO SUR" el cual comprende: Ingeniería Básica, Ingeniería de Detalle, obtención de los permisos requeridos, suministro de materiales, suministro de equipos y servicios requeridos para la construcción, montaje, pruebas de pre-arranque, puesta en operación, pruebas de comportamiento, servicios auxiliares, comunicaciones, planificación, urbanización, edificaciones, tratamiento de efluentes, sistemas de seguridad y protección así como la integración con la Refinería.

Esta planta integral procesará 34 millones de pies cúbicos estándar diarios de gas húmedo amargo provenientes de la refinería. Como productos de las plantas se tendrá: gas seco, líquidos del gas natural C3+ y azufre. El gas seco se retornará a la refinería para su consumo, los líquidos C3+ (propano y más pesados) serán enviados a fraccionamiento a la misma refinería y el azufre se comercializará en el mismo centro de trabajo.



6.2.1 Planificación y urbanización.

La construcción de las instalaciones se llevará a cabo en un predio de terreno natural colindante a la refinería, localizado en el área norte de los terrenos que ocupa la refinería.

Dentro de la urbanización se deberá incluir lo siguiente:

- * Plataformas para módulos de plantas, equipos y edificios
- * Vialidades: Pavimentos, Guarniciones y Banquetas
- * Andadores
- * Sistemas de Drenajes
- * Sistema de iluminación de todo el proyecto.
- * Áreas de disposición de residuos

6.2.2 Edificaciones

El diseño y la construcción de estas edificaciones se deberán llevar a cabo de acuerdo a la información suministrada por el departamento de infraestructura de la refinería en las Bases de Diseño y Especificaciones Civil-Planificación.

El contratista deberá considerar la construcción de las edificaciones siguientes:

- * Cuarto de control y casa de cambio de operadores
- * Cuarto de acometida eléctrica de C.F.E.
- * Subestación de distribución eléctrica
- * Caseta de control de acceso de personal.



6.2.3 Plantas de Proceso

- * Sistema de compresión y acondicionamiento del gas húmedo amargo,
- * Planta Endulzadora de Gas,
- * Planta Recuperadora de Licuables,
- * Planta Recuperadora de Azufre,

Los productos, deberán cumplir con las especificaciones de las bases de diseño de proceso.

La planta endulzadora deberá ser de tipo modular, con capacidad para procesar el 100% del gas húmedo amargo proveniente de la refinería, el sistema de compresión deberá ser centrífugo con accionador eléctrico.

Esta planta obtendrá como productos gas húmedo dulce con un contenido máximo de H_2S de 4.0 ppm Vol. y gas ácido el cual servirá de carga a la planta recuperadora de azufre, mientras que el gas húmedo servirá de carga a la planta recuperadora de licuables(C3+).

La planta recuperadora de licuables deberá ser del tipo modular, con capacidad para procesar el gas húmedo dulce proveniente de la planta endulzadora, (a 20°C y 1 kg/cm² abs), con una recuperación mínima de propano de 90% en base molar del gas de alimentación. Esta planta tendrá como productos; gas seco y líquidos C3+.

La planta recuperadora de azufre deberá ser del tipo modular con capacidad para procesar el gas ácido proveniente de la planta endulzadora de gas y obtener una recuperación mínima de azufre del 95% con respecto a la carga.

Estas plantas de procesamiento, deberán contar con la instrumentación necesaria para su control, un Sistema Instrumentado de Seguridad (SIS), red de contra incendio general de las instalaciones y sistema de detección de mezclas explosivas,

El contratista deberá considerar; la integración de las corrientes de gas seco y líquidos C3+ hasta límite de baterías de donde será retornado a la refinería, así como la infraestructura necesaria para el manejo del azufre líquido hacia el sitio de almacenaje.



6.2.4 Almacenamiento y Carga de Azufre.

El azufre líquido deberá ser almacenado en una fosa en limite de batería de la planta de azufre y de ahí bombeado hacia los auto tanques que sirven de transportación.

6.2.5 Servicios Auxiliares.

6.2.5.1 Vapor.

Para el sistema de calentamiento, el contratista deberá considerar la instalación de una caldera de vapor de baja presión(caldera tipo paquete) la cual deberá contar con un sistema integral de tratamiento de agua para su alimentación, y un sistema integral de recuperación de condensado. Esta caldereta operará durante el arranque y será un respaldo cuando la planta de azufre, salga de operación, ya que el servicio de calentamiento normal será proporcionado mediante la recuperación de calor generada en ésta planta. El Contratista deberá considerar la instalación de toda la red necesaria para suministrar este servicio en los diferentes puntos de calentamiento donde sea requerido.

6.2.5.2 Gas combustible.

El contratista deberá considerar la instalación de una línea de gas combustible, para la operación de un calentador a fuego directo y los consumos que se requieran. Esta línea deberá ser tomada del gas residual de baja presión y deberá estar diseñada de acuerdo a las Especificaciones de diseño.

6.2.5.3 Gas de arranque.

El contratista deberá considerar dentro de su alcance de integración la instalación de una línea de 2" de gas seco (gas de arranque) y un sistema local de medición permanente para el arranque y servicios, esta se construirá entre el L. B. y la línea de 12" de diámetro que conduce gas seco desde la estación de medición.

6.2.5.4 Desfogue.

Todas las corrientes de desfogue de operación normal y de emergencia de las plantas deberán ser integradas en un cabezal común, el cual será enviado hasta una área de quemado. Esta área de quemado será nuevo y de tipo elevado. Este sistema de desfogues deberá ser diseñado de acuerdo a las Especificaciones anexas a estas bases concúrsales.



6.2.5.5 Aire de Instrumentos y de plantas.

El contratista deberá considerar de manera independiente una red de aire de instrumentos y de aire de plantas. Para el suministro se deberá contar con dos compresores tipo tornillo accionados por motor eléctrico (que deberán cumplir con las Especificaciones anexas). Se deberá considerar en el diseño que en caso de falla del compresor de aire de instrumentos, el compresor de aire de plantas sea respaldo de la red de aire de instrumentos.

6.2.5.6 Energía Eléctrica.

El complejo contará con el suministro de dos acometidas de energía eléctrica provenientes de subestaciones diferentes de Comisión Federal de Electricidad (CFE) en 13.8 KV.

El contratista deberá considerar la instalación de las subestaciones eléctricas necesarias en estas nuevas instalaciones, de acuerdo a la información suministrada por el departamento de infraestructura de la refinería, a partir de la línea de acometida en 13.8 KV de CFE.

6.2.5.7 Drenajes.

El contratista deberá considerar la instalación de redes de drenajes independientes en este nuevo centro procesador de gas: aminas, químico, amargo, pluvial, aceitoso y sanitario, cumpliendo con las Especificaciones de diseño anexas. El alcance del contratista incluye desde las redes por áreas, integración y disposición final fuera de las instalaciones.

6.2.5.8 Metanol.

El contratista deberá considerar dentro del alcance de construcción de las plantas de procesamiento, el diseño y la instalación de un sistema de inyección de Metanol en los puntos del proceso requerido, cumpliendo con las Especificaciones de diseño de equipos y materiales, proporcionadas por el departamento de infraestructura.

Deberá considerar además toda la infraestructura requerida para el almacenamiento de metanol, así como para llenado.

6.2.5.9 Equipo de dosificación de químicos.

El contratista deberá considerar dentro del alcance de la construcción de las plantas de procesamiento, el diseño suministro e instalación del sistema de alimentación de metanol y la instalación del dosificador de químicos en los puntos que el proceso lo requiera, cumpliendo con las Especificaciones de diseño de



equipos y materiales, proporcionadas por el departamento de infraestructura, considerando toda la infraestructura necesaria para su almacenamiento, dosificación y llenado.

6.2.5.10 Agua de servicios.

El contratista deberá considerar en el diseño el sistema y la instalación de la red de agua de servicios hacia todas las áreas de complejo de acuerdo a las necesidades del personal ahí ubicado, incluye: cisterna de almacenamiento, sistema de bombeo, las redes y las instalaciones para el abastecimiento a cada área del nuevo centro procesador de gas, el cual incluye entre los más importantes, a la caldereta y planta de azufre para la generación de vapor y a las áreas de servicios donde se requiera.

6.2.6 Telecomunicaciones.

Dentro del alcance del contratista, está el diseño, construcción de las redes de comunicación dentro y hacia fuera del nuevo centro procesador de gas incluyendo: equipo de transporte de señales, telefonía, equipo de transmisión de datos, red de cableado estructurado, de acuerdo a las Especificaciones anexas.

6.2.7 Sistemas de seguridad y protección.

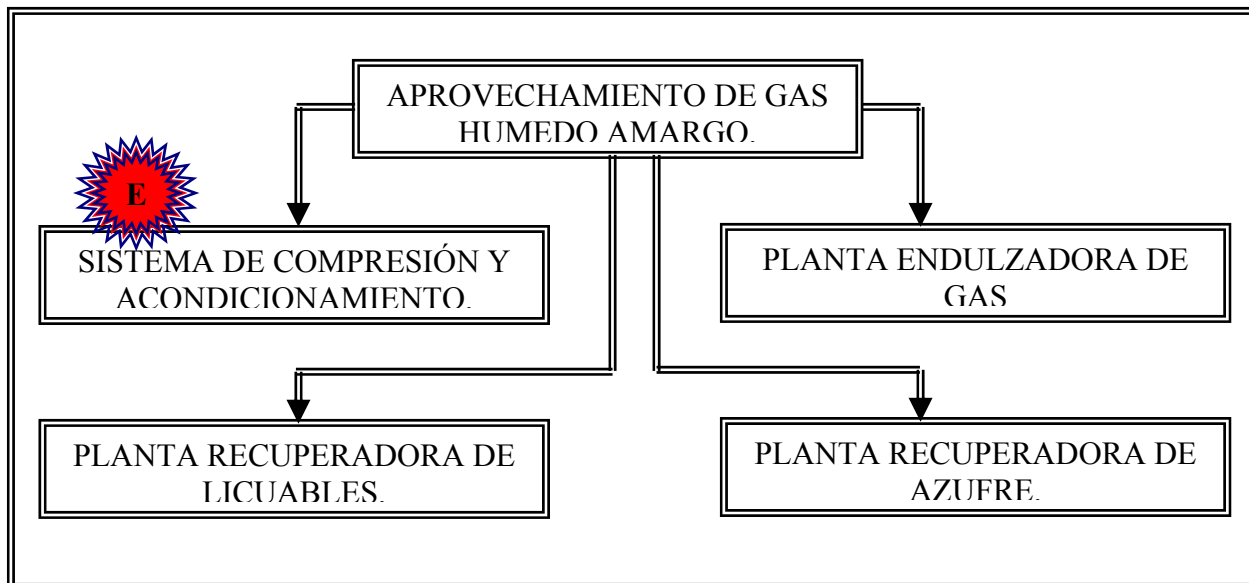
El contratista deberá considerar el diseño de los sistemas de protección y seguridad dentro de todo el complejo, cumpliendo con los requerimientos de la N.F.P.A., considerando:

- * Red de contra incendio fija y diluvio, incluyendo aspersores, monitores e hidrantes,
- * Sistemas de protección personal,
- * Sistemas de detección de mezclas explosivas y humo,
- * Extintores locales,
- * Caseta de Contra Incendio.



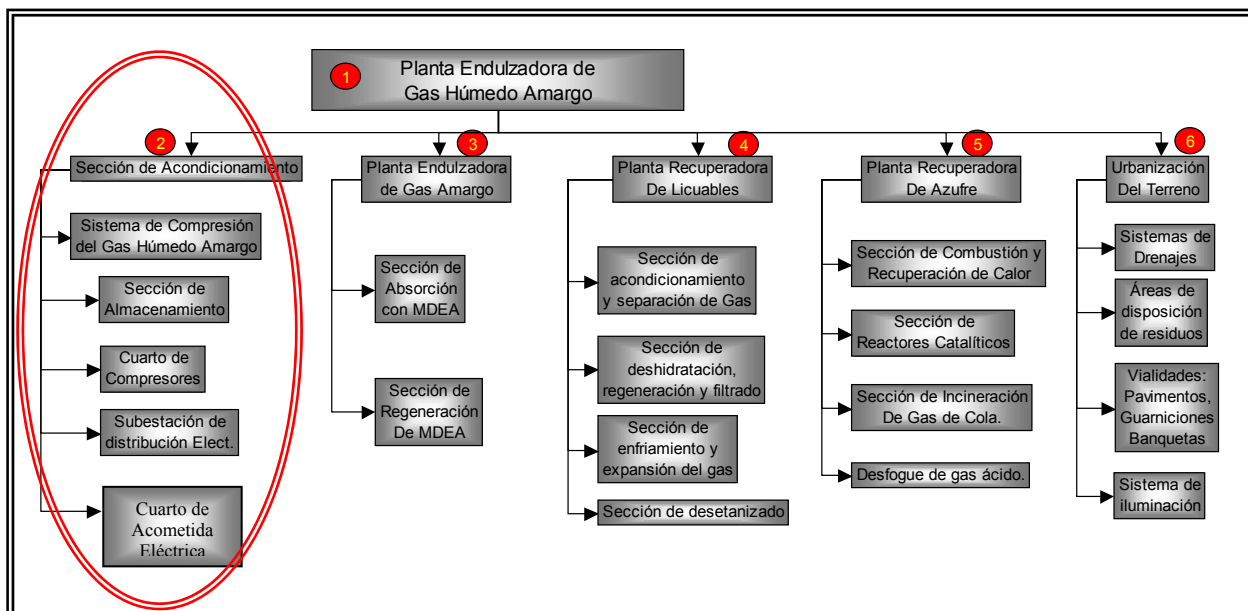
6.3 Alcance del caso de estudio.

El proyecto completo se puede simplificar en el siguiente diagrama:



De la totalidad del proyecto, solo elegiremos una sección de una de las cuatro plantas. La planta seleccionada será el sistema de compresión y acondicionamiento de gas húmedo amargo, resaltada el diagrama anterior con una mancha en la parte superior izquierda.

El diagrama lo podemos hacer mas detallado, como el siguiente.



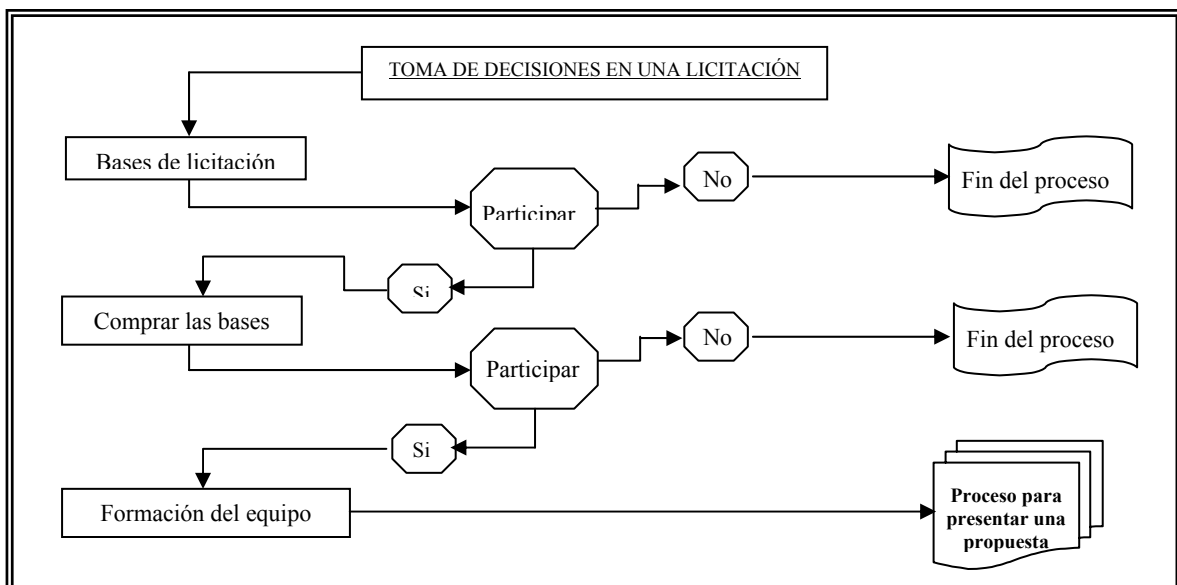


Donde la parte a evaluar con la nueva metodología es la enmarcada de color rojo.

El caso de estudio se reduce a la evaluación de riesgos de la sección de compresión y acondicionamiento del gas húmedo amargo

6.4 Identificación de riesgos.

Antes de iniciar una evaluación se deben identificar los riesgo existentes para el proyecto. Para este punto fue necesario haber pasado por el proceso descrito en el siguiente diagrama:

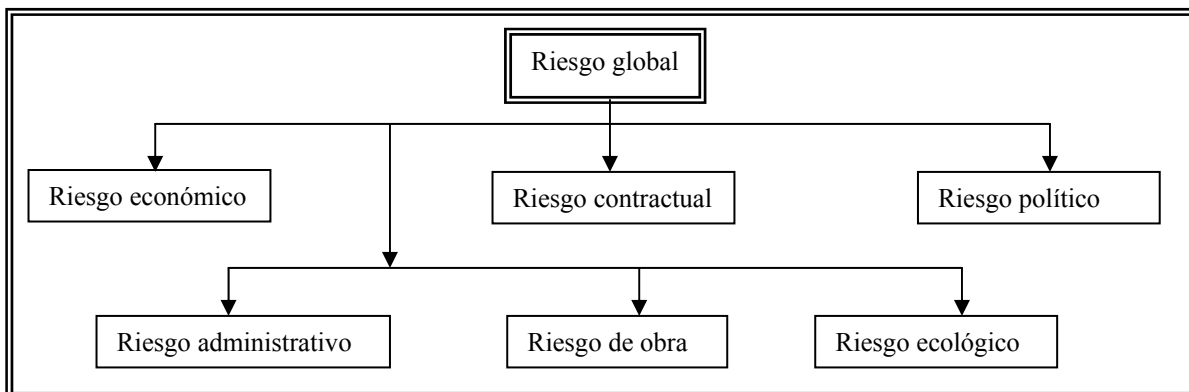


Lógicamente, en este caso, se tomó la decisión de concursar en la licitación, por lo que se cuenta con la fuente primaria de información; Las bases de licitación. En este particular caso, el documento consta de 56 páginas y 27 anexos en los cuales se condesa la información básica necesaria sobre las necesidades del clientes, duración del proyecto, tipos de penalizaciones, etc.

La información contenida en las bases de licitación suficiente para iniciar la programación de actividades y comenzar a recabar la información clave faltante para emitir una propuesta técnica y económica. Y de la misma manera se iniciará el proceso de análisis de riesgos.

A pesar de no contar con la información completa como para identificar los escenarios adversos posibles del proyecto, contamos con escenarios adversos generales que nos ayudan con el inicio.

Estos escenarios se propusieron en capítulos anteriores y se muestran a continuación en el siguiente diagrama:



Iniciemos por identificar los riesgos económicos que presenta la sección de “Acondicionamiento y compresión de gas húmedo amargo”, para cual usaremos un sencillo formato en la tabla siguiente.

Proyecto:		PRO – 0164 – RGA	
Duración:		365 días	
Tipo de Riesgo:		Económico	
Rubro analizado	Escenario Adverso	¿Existe la posibilidad de presentarse?	Posible medida preventiva (Opcional)
Inflación	Inflación en la mano de obra durante la duración del proyecto	Si	Realizar contratos por el tiempo de duración de la actividad
	Inflación en los precios de los materiales estructurales.	Si	
	Inflación en los precios de equipos y accesorios	Si	
Escasez de energía	¿Cabe la posibilidad de que la energía requerida por la maquinaria escasee?	No	
Incertidumbre financiera	Fallo en los pagos programados por parte del cliente.	Si	
	Incapacidad de pagar contratos, nóminas, etc., por parte del contratista	Si	
	Fallo de flujo de efectivo por los subcontratistas.	Si	
Fluctuación monetaria	Cambios en las tarifas de cambio monetarias, antes de liquidar adeudos.	No	Contratos y compras de remisión anticipadas.



Ahora hagamos lo mismo para el resto de los riesgos que presenta la sección de “Acondicionamiento y compresión de gas húmedo amargo”:

Proyecto:		PRO – 0164 – RGA	
Duración:		365 días	
Tipo de Riesgo:		Contractual	
Rubro analizado	Escenario Adverso	¿Existe la posibilidad de presentarse?	Posible medida preventiva (Opcional)
Pagos no efectuados	Paro de actividades por falla en los pagos programas, por parte del cliente.	Si	
	Paro de actividades por falla en los pagos de nomina, contratos o remisiones de compra	Si	
Conflictos laborales	Suspensión de actividades por paros o huelgas.	No	Contratación por proyecto.
Conflictos atrasados	Suspensión de actividades por conflictos laborales no resueltos en el pasado.	No	
Coordinación no funcional	Atraso en la finalización o inicio de actividades por tener una mala coordinación entre áreas.	No	
	Atraso en la finalización o inicio de actividades por tener una mala coordinación con los subcontratistas.	Si	
	Atraso en la finalización o inicio de actividades por tener una mala coordinación con el cliente.	Si	
Cambio de orden	Atraso en la finalización o inicio de actividades debido a un cambio en las actividades asignadas.	No	



Proyecto:		PRO – 0164 – RGA	
Duración:		365 días	
Tipo de Riesgo:		Político	
Rubro analizado	Escenario Adverso	¿Existe la posibilidad de presentarse?	Posible medida preventiva (Opcional)
Medio Ambiente	Suspensión de actividades por temor de la comunidad al daño ambiental en el agua.	No	
	Suspensión de actividades por temor de la comunidad al daño ambiental en el aire.	No	
	Suspensión de actividades por temor de la comunidad al daño ambiental en el suelo	No	
	Inconformidad de la comunidad por contaminación ambiental a causa del ruido.	No	
Desorden público	Suspensión de actividades por marchas, mítines, etc., de la comunidad.	No	
	Suspensión de actividades por sucesos militares.	No	
Actos gubernamentales y regulaciones nuevas.	Atraso o suspensión de las actividades por falta de permisos.	Si	
	Variabilidad en los utilidad neta por cambio en los índices de impuestos.	Si	



Proyecto:		PRO – 0164 – RGA	
Duración:		365 días	
Tipo de Riesgo:		Administrativo	
Rubro analizado	Escenario Adverso	¿Existe la posibilidad de presentarse?	Posible medida preventiva (Opcional)
Productividad.	Retraso de las actividades por baja productividad de la mano de obra.	Si	
	Retraso de las actividades por baja productividad del equipo..	Si	
Calidad.	Desviación del programa a causa de un control administrativo de baja calidad.	Si	
	Desviación del programa a causa de variaciones en la calidad de los trabajos.	Si	
Seguridad.	Desviación del programa a causa de accidentes o errores por omisiones en la seguridad.	Si	
Errores.	Desviación del programa a causa errores administrativos.	No	



Proyecto:		PRO – 0164 – RGA	
Duración:		365 días	
Tipo de Riesgo:		Construcción	
Rubro analizado	Escenario Adverso	¿Existe la posibilidad de presentarse?	Posible medida preventiva (Opcional)
Incertidumbre en la calidad de la mano de obra	Retraso de las actividades debido a una mano de obra no especializada	Si	
Incertidumbre en el equipo.	Desviación del programa a causa de indisponibilidad de equipo especializado.	Si	
	Desviación del programa a causa de la integridad del equipo.	Si	
Incertidumbre en el material de construcción.	Desviación del programa a causa de indisponibilidad de material.	Si	
	Desviación del programa por material con integridad baja o insegura	No	
Construcción defectuosa.	Penalización por no cumplir con el alcance del proyecto	Si	
Accesos inutilizados.	Clausura de los acceso por incumplimiento o falta de permisos	Si	
	Accesos mal ubicados	Si	
Variación en el volumen de obra.	Atraso en el programa por retrabados o aumento en el volumen de trabajo	Si	

La identificación de riesgos puede ser como la anterior o se puede realizar utilizando cualquier otra técnica existente o descrita en capítulos anteriores. Los riesgos identificados deben ser jerarquizados y para ello se haremos uso de la metodología de evaluación de riesgos.

6.5 Evaluación de riesgos.

Para la evaluación de riesgos es necesario crear las curvas de pertenencia para cada escenario adverso identificado como posible, es decir para cada “Si” de las tablas anteriores. Para el caso de estudio presente hay que generar 26 curvas de pertenencia.

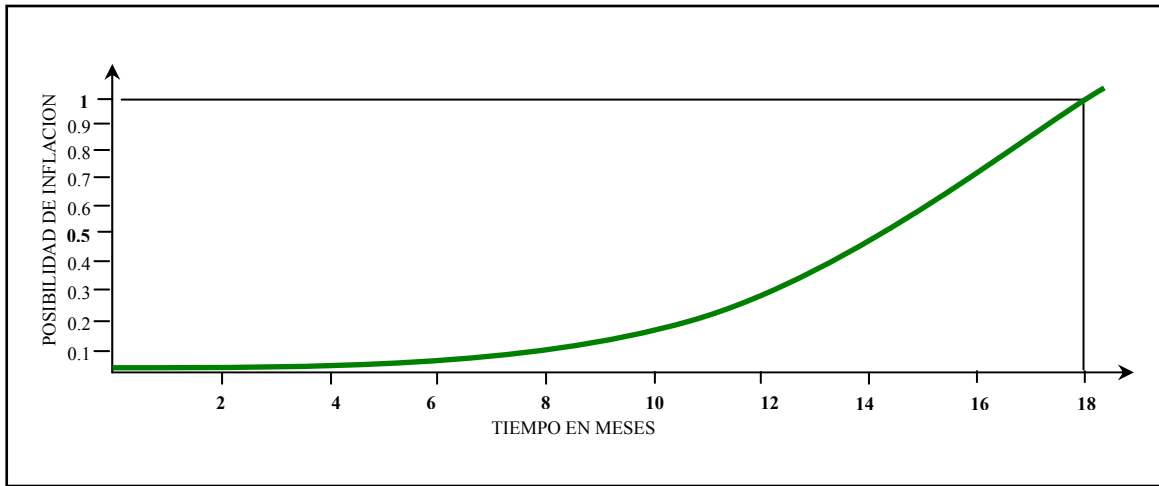


6.5.1 Curvas de pertenencias.

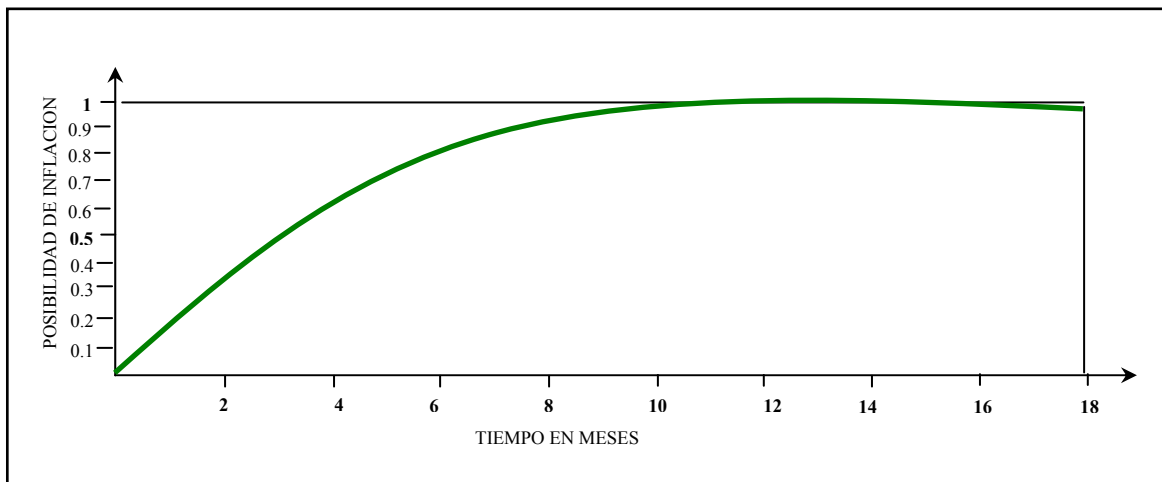
6.5.1.1 Riesgo económico.

Inflación.

Inflación en el costo de mano de obra

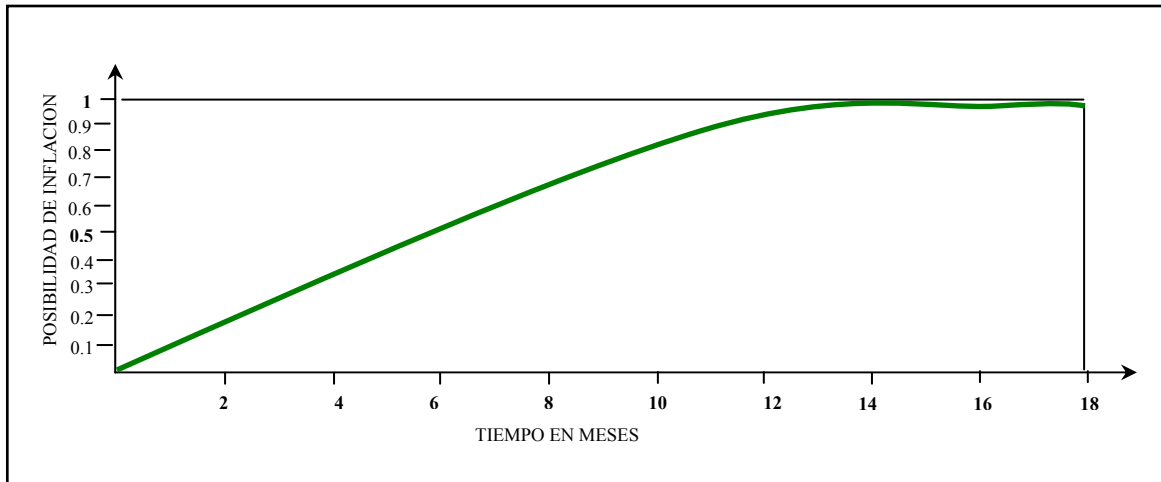


Inflación en los precios de materiales estructurales.



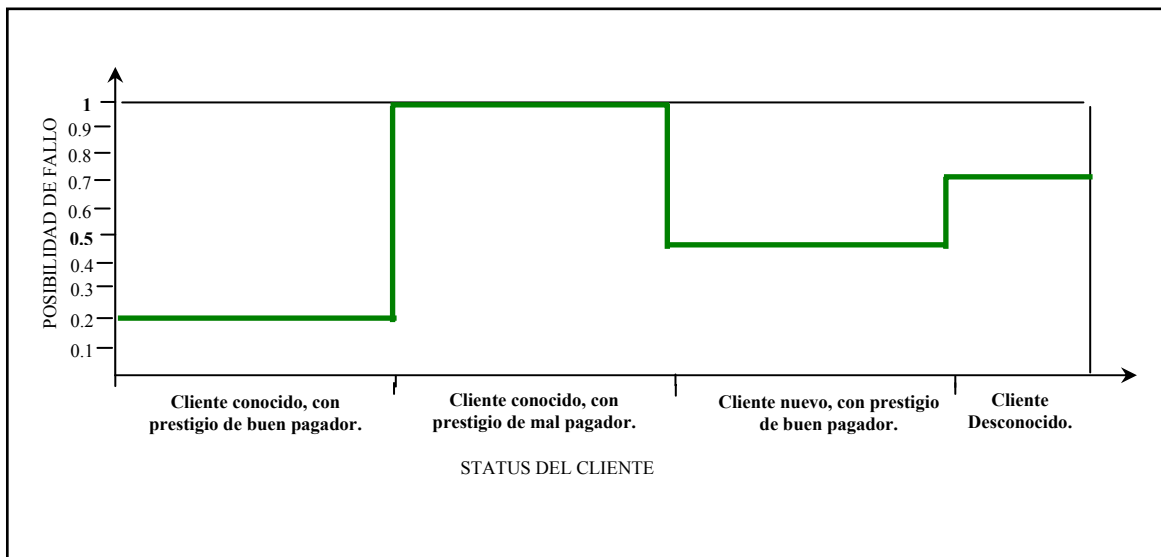


Inflación en los precios de equipo y accesorios.



Incertidumbre financiera.

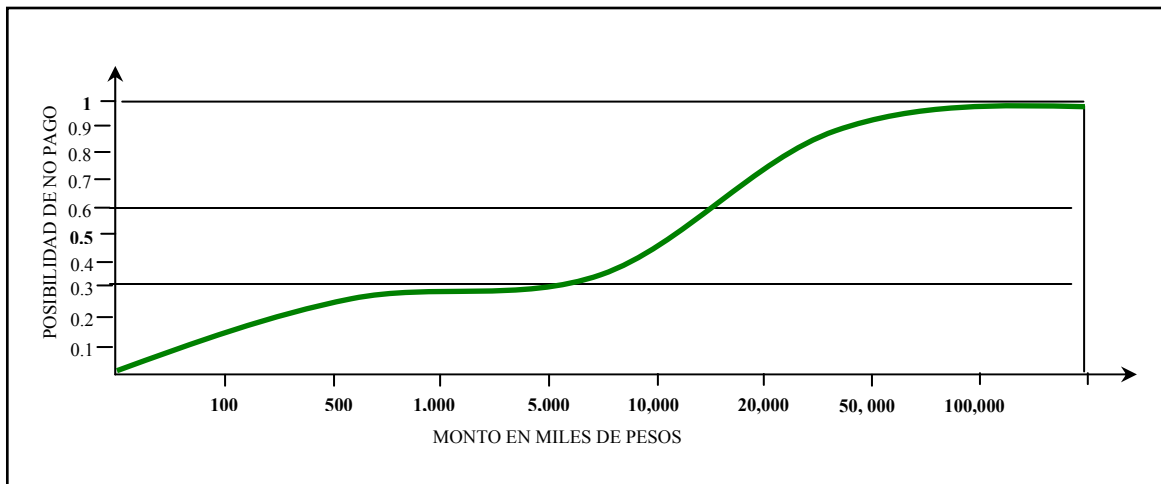
Fallo en los pagos programados por parte del cliente.



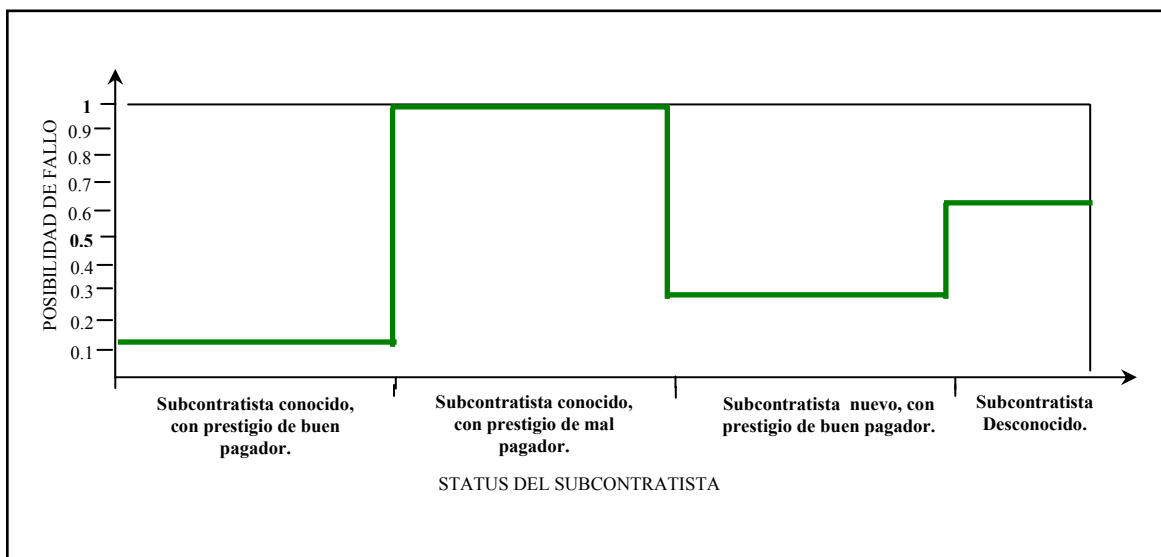


Incapacidad para pagar contratos, nóminas y otros por parte del contratista.

Esta gráfica es, claramente, específica para cada firma, empresa o contratista y surge de datos histórico de la misma empresa. Para este caso de estudio se obtuvo una media de los datos arrojados por una entrevista de seis preguntas a cuatro empleados del departamento de procuración de cuatro diferentes firmas de ingeniería.



Flujo de efectivo nulo de los subcontratista.



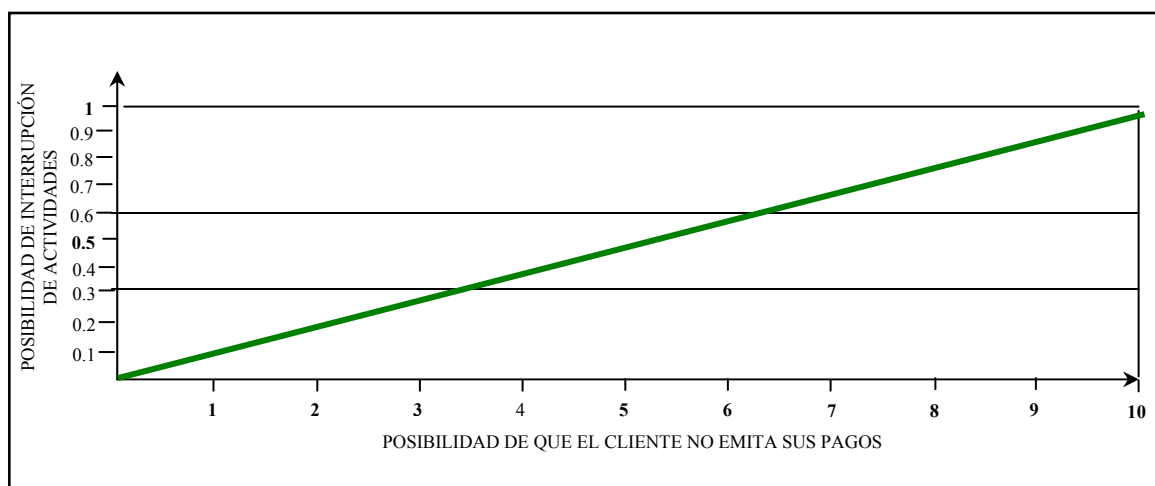


6.5.1.2 Riesgo contractual.

Por pagos no efectuados.

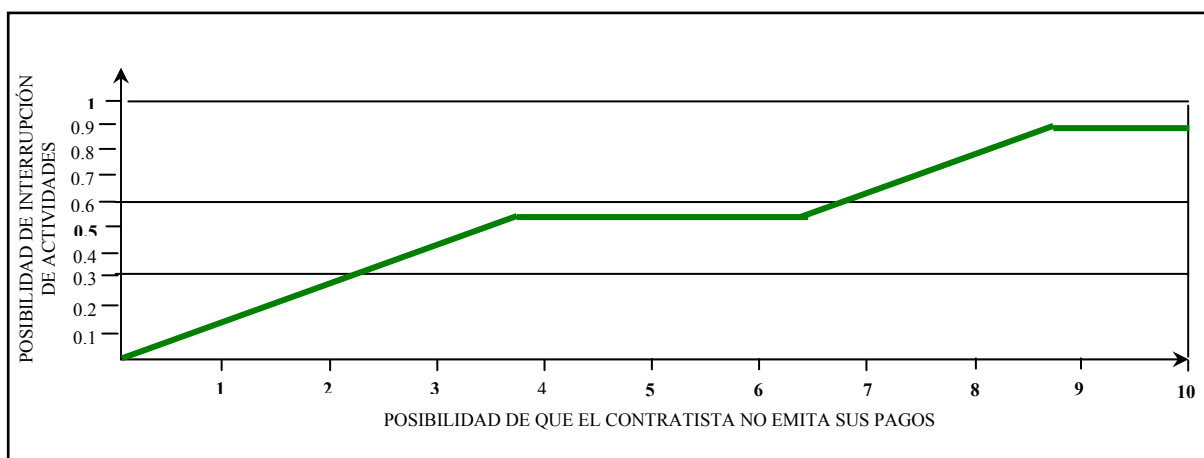
Por parte del cliente.

Esta gráfica depende de la capacidad financiera de cada firma, empresa o contratista y de posibilidad de que el cliente no realice sus pagos a tiempo, (Ver Incertidumbre financiera en riesgo económico). Para este caso de estudio se obtuvo una media de los datos arrojados por una entrevista de seis preguntas a cuatro empleados del departamento de administración de cuatro diferentes firmas de ingeniería.



Por parte del contratista

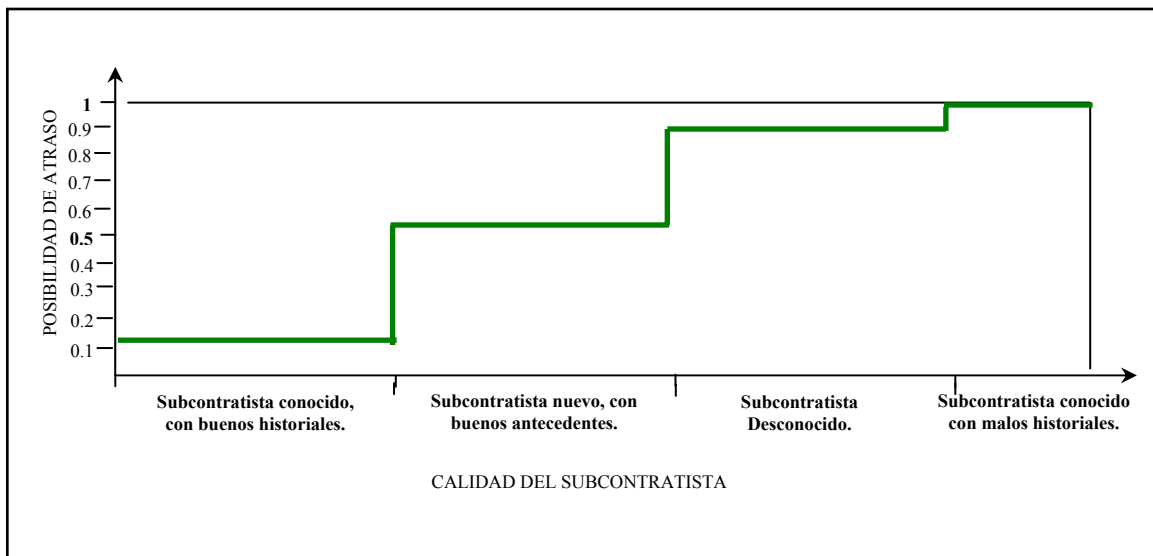
Esta gráfica depende de la relación contractual de cada firma, empresa o contratista con sus trabajadores y de posibilidad de que no realice sus pagos a tiempo, (Ver Incertidumbre financiera en riesgo económico).



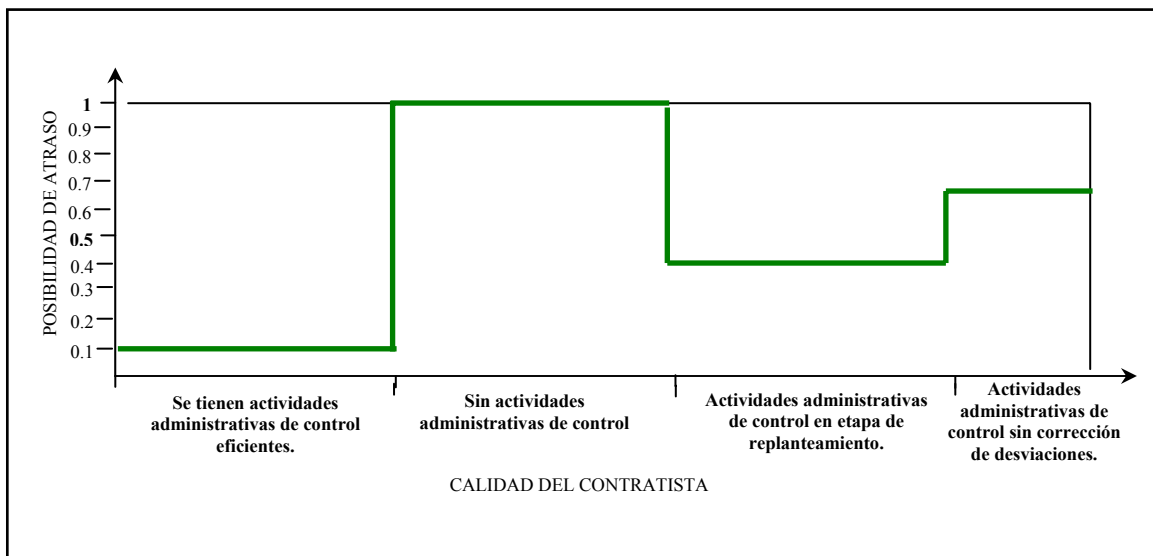


Coordinación no funcional

Atraso por una mala coordinación con los subcontratistas.



Atraso por una mala coordinación con el cliente.

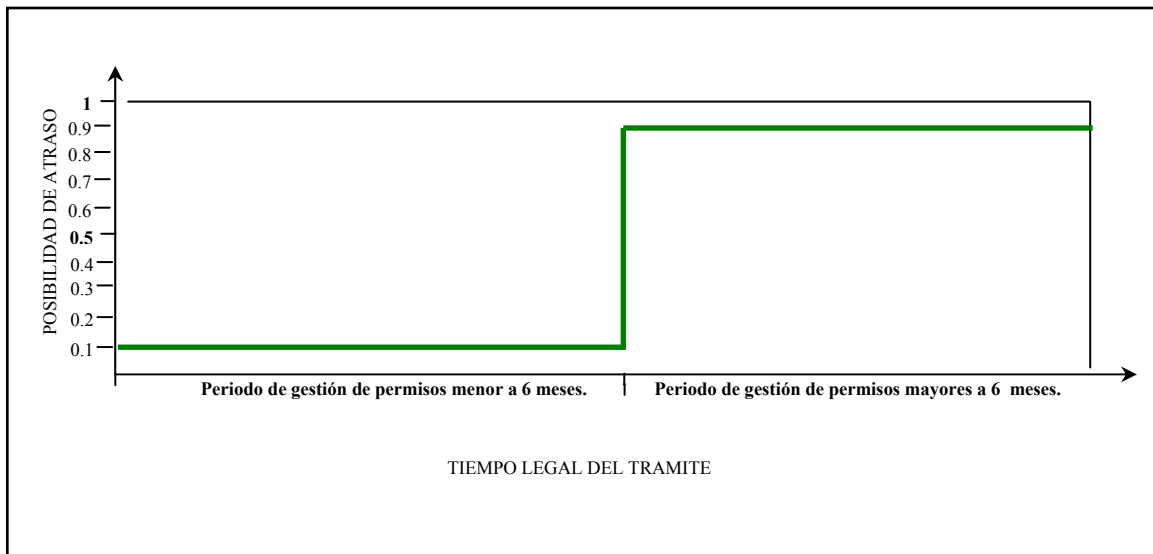




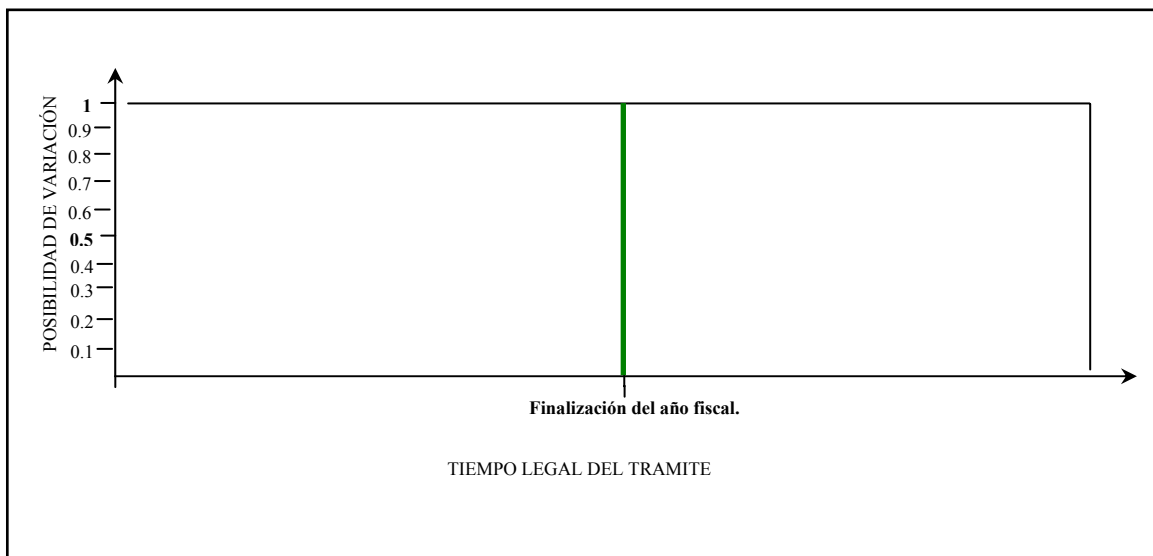
6.5.1.3 Riesgo político.

Actos gubernamentales y regulaciones nuevas.

Atraso o suspensión de actividades por falta de permisos.



Variabilidad en la utilidad neta por cambio en los índices de impuestos.

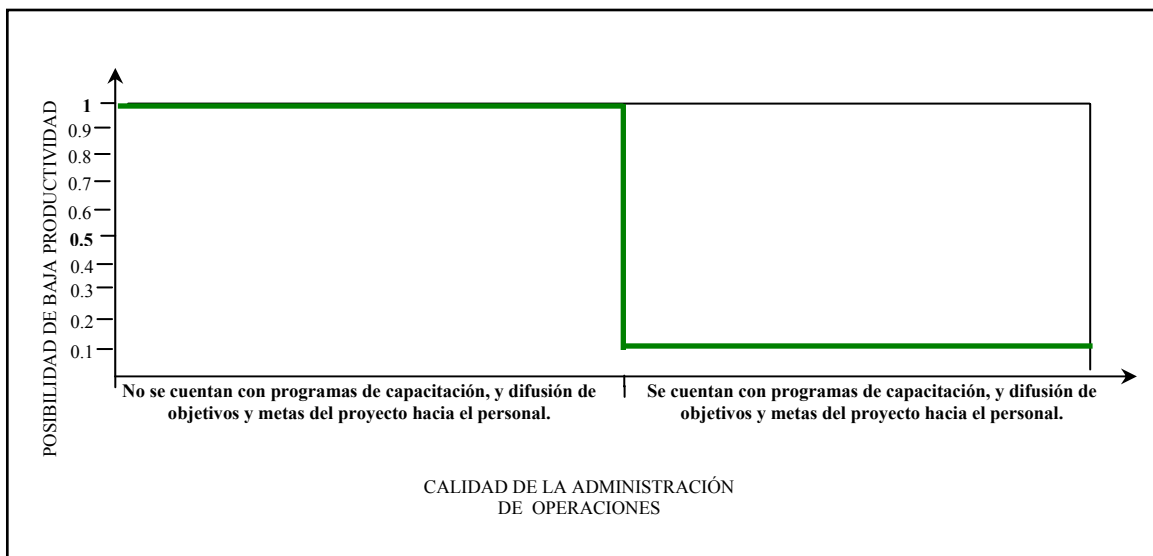




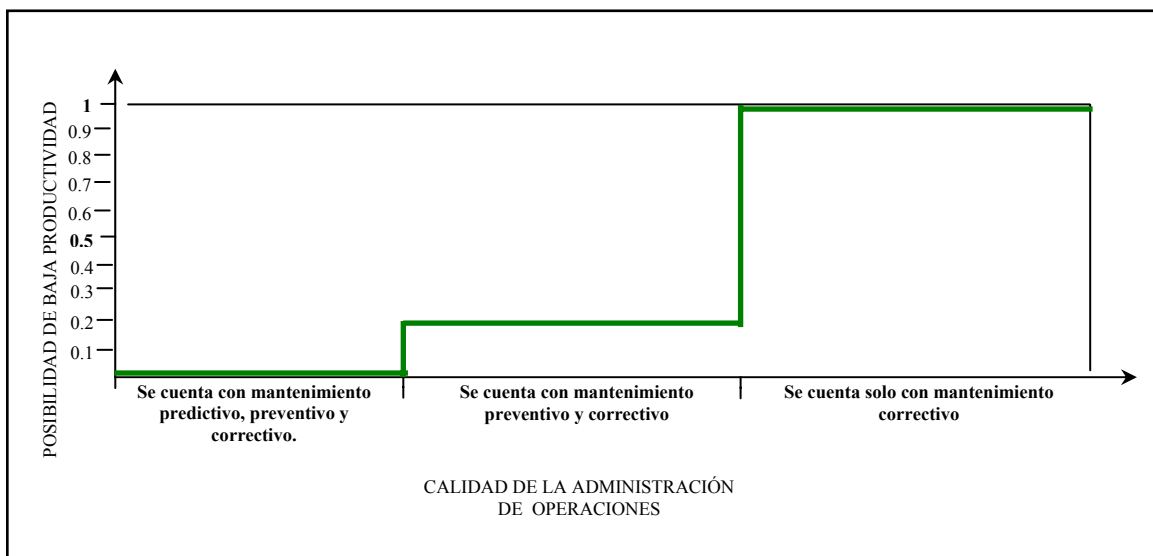
6.5.1.4 Riesgo administrativo.

Productividad.

Baja productividad de la mano de obra.



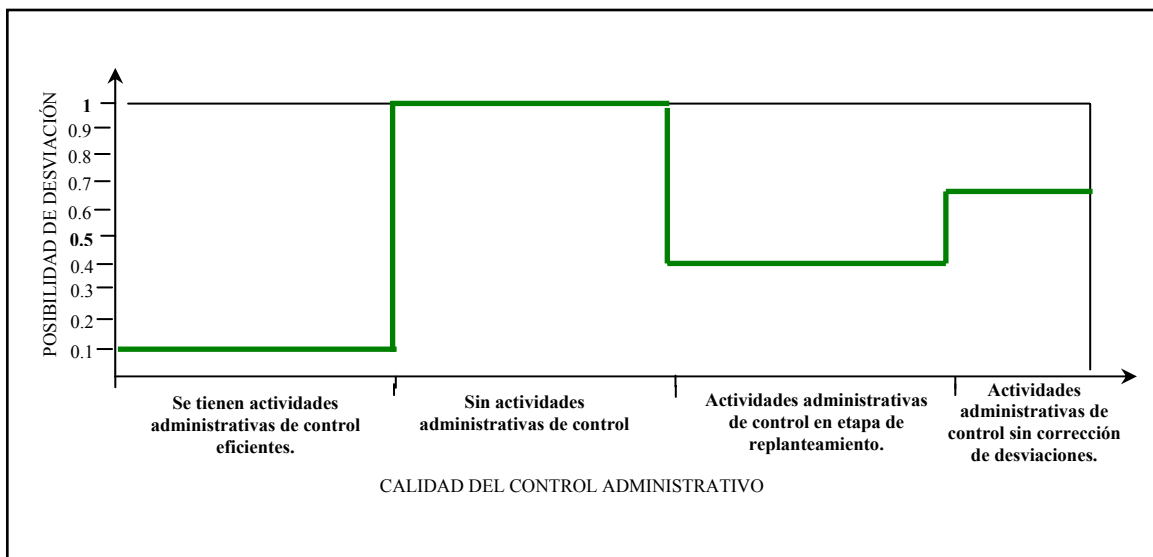
Baja productividad del equipo.



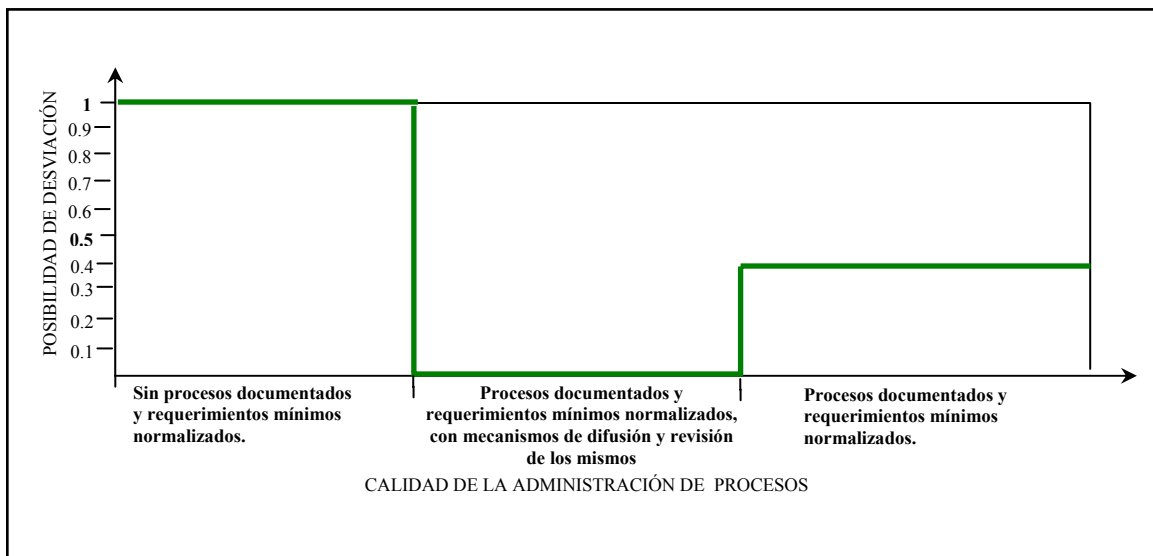


Calidad.

Desviación del programa a causa de un control administrativo de baja calidad.



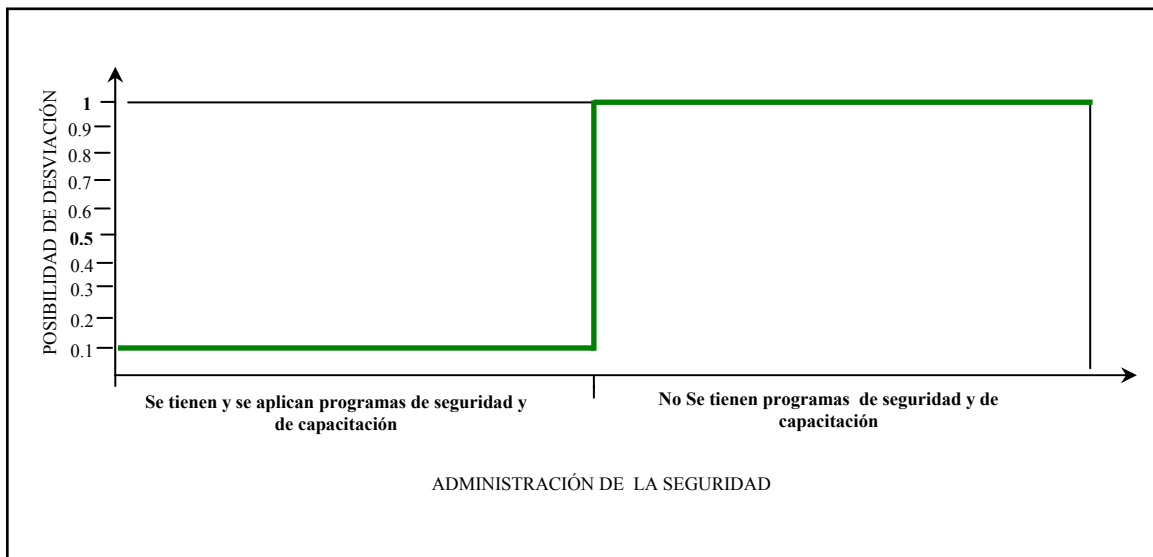
Desviación del programa a causa de variación en la calidad de los trabajos.





Seguridad.

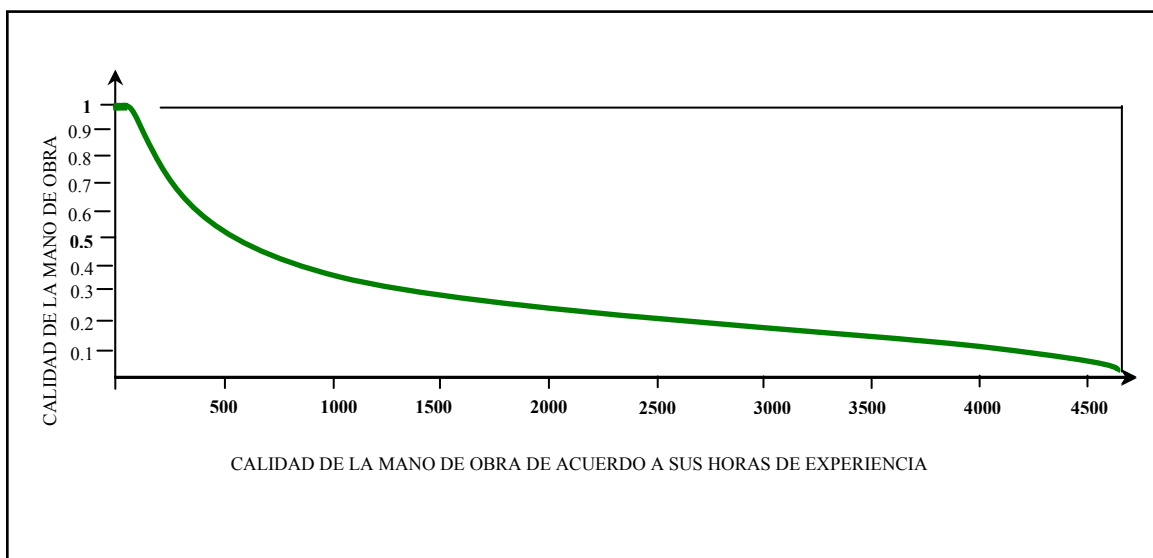
Desviación del programa a causa de accidentes o errores por omisiones en la seguridad.



6.5.1.5 Riesgo en la construcción.

Incertidumbre en la calidad de la mano de obra.

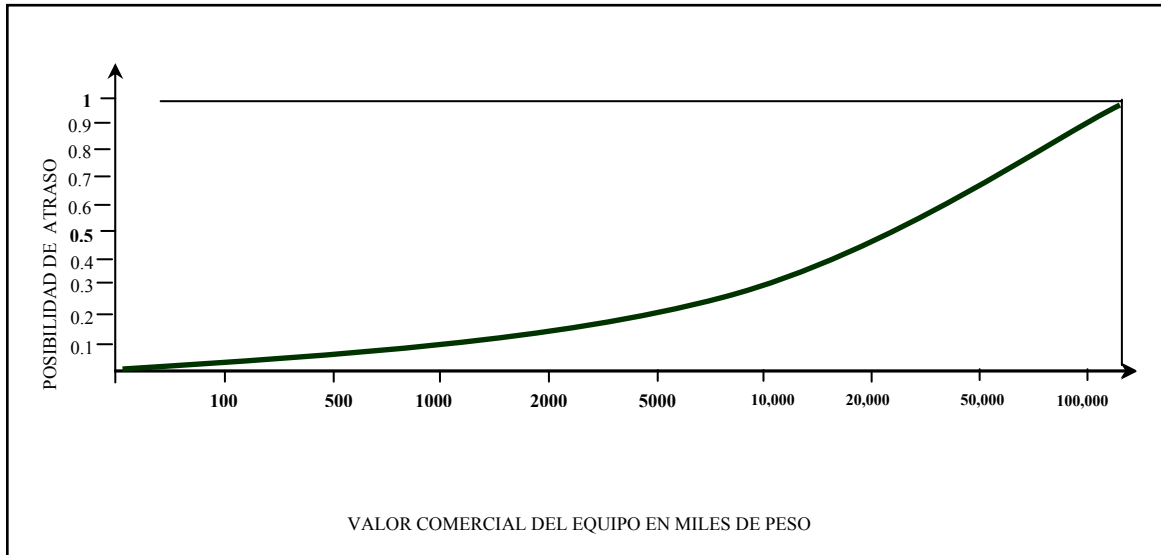
Retraso de las actividades debido a la mano de obra.



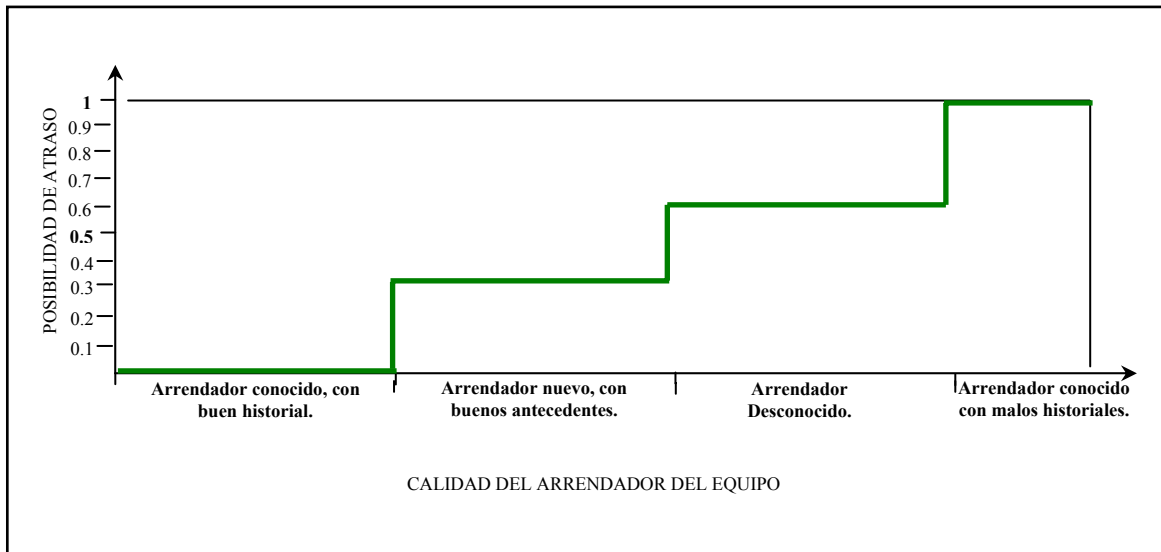


Incertidumbre en el equipo.

Retraso de las actividades debido a indisponibilidad de equipo especial.



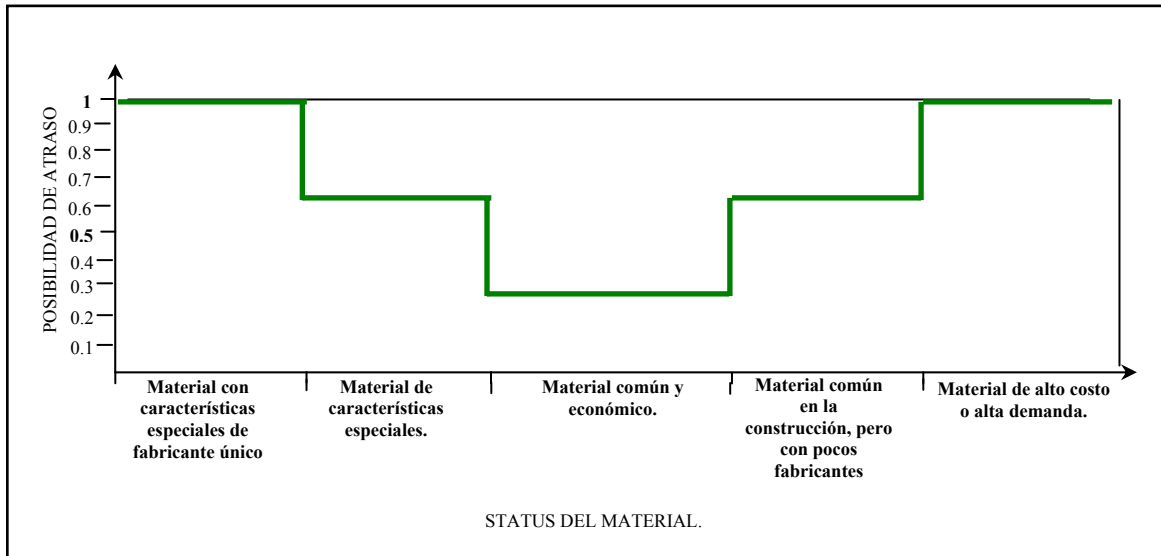
Retraso de las actividades a causa de la integridad mecánica del equipo.





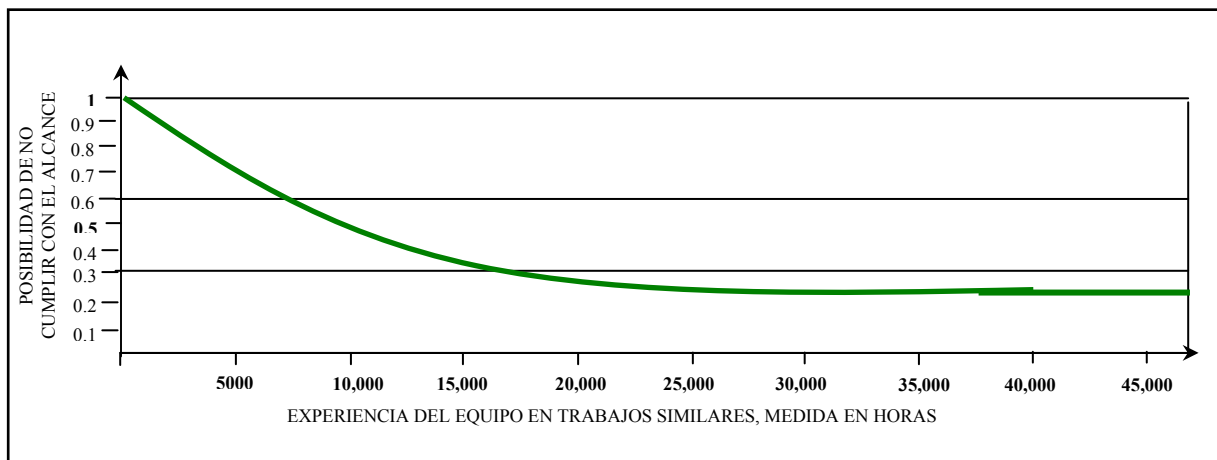
Incertidumbre en el material de construcción.

Desviaciones del programa a causa de indisponibilidad de material.



Construcción defectuosa.

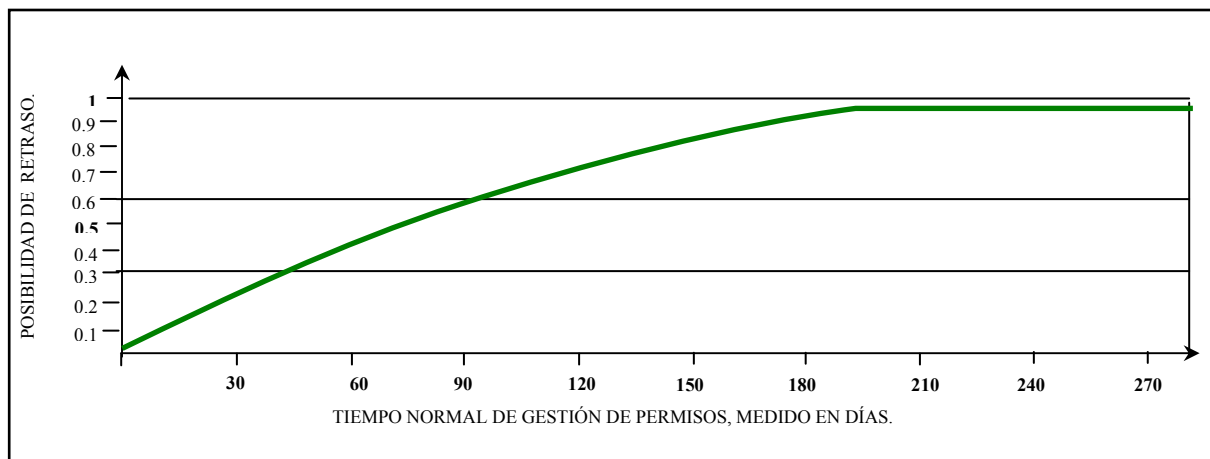
Riesgo de penalizaciones por no cumplir con el alcance del proyecto.



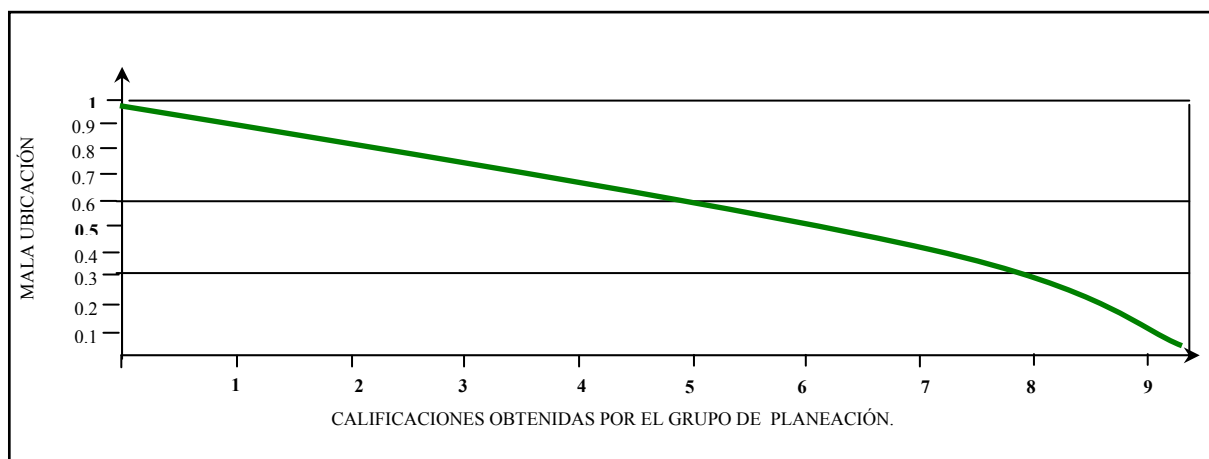


Accesos inutilizados.

Retraso por clausura de los accesos por incumplimiento o falta de permisos.



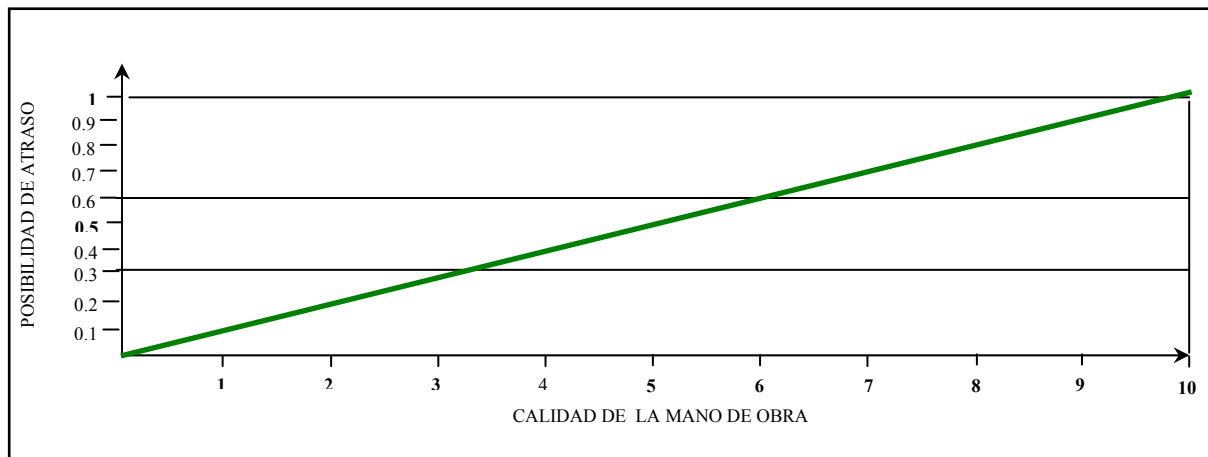
Retraso por accesos mal ubicados.





Variación en el volumen de obra.

Atraso por retrabajos o aumento en el volumen de trabajo.





6.5.2 Matrices de evaluación.

6.5.2.1 Riesgo económico.

VARIABLE	ACEPTABLE	INDIFERENTE	NO ACEPTABLE
Inflación de la mano de obra.	0.3	0.5	0.6
Inflación de los materiales estructurales.	0.2	0.4	0.6
Inflación de los precios de equipos.	0.1	0.3	0.4
Incumplimiento en los pagos por parte del cliente.	0.2	0.3	0.4
Incumplimiento en los pagos de contratos, nóminas, por parte de la firma.	0.2	0.4	0.6
Incumplimiento en los pagos por parte de los subcontratistas, por falta de flujo de efectivo.	0.2	0.3	0.4

6.5.2.2 Riesgo contractual.

VARIABLE	ACEPTABLE	INDIFERENTE	NO ACEPTABLE
Incumplimiento en los pagos por parte del cliente.	0.2	0.3	0.4
Incumplimiento en los pagos de contratos, nóminas, por parte de la firma.	0.2	0.4	0.6
Mala coordinación con los subcontratistas	0.1	0.3	0.5
Mala coordinación con el cliente	0.1	0.2	0.3

6.5.2.3 Riesgo político.

VARIABLE	ACEPTABLE	INDIFERENTE	NO ACEPTABLE
Falta de permisos.	0.4	0.6	0.8
Variabilidad en la utilidad por cambio en los índices de impuestos	0.1	0.1	0.2

6.5.2.4 Riesgo administrativo.

VARIABLE	ACEPTABLE	INDIFERENTE	NO ACEPTABLE
Baja productividad por parte de la mano de obra	0.2	0.3	0.4
Baja productividad por parte del equipo.	0.1	0.2	0.3
Baja calidad en los controles administrativos.	0.1	0.3	0.5
Variación en el volumen o en la calidad de los trabajos.	0.2	0.4	0.6
Accidentes o errores por omisiones en la seguridad.	0.0	0.1	0.2



6.5.2.5 Riesgo de construcción.

VARIABLE	ACEPTABLE	INDIFERENTE	NO ACEPTABLE
Calidad de la mano de obra.	0.3	0.5	0.6
Indisponibilidad del equipo.	0.2	0.4	0.6
Integridad mecánica del equipo.	0.1	0.1	0.2
Indisponibilidad del material.	0.1	0.3	0.4
Incumplimiento en el alcance del proyecto.	0.0	0.0	0.1
Accesos en funcionamiento sin permisos.	0.1	0.2	0.3
Mala ubicación en los accesos a la zona de obra.	0.2	0.3	0.4
Variabilidad en el volumen de obra.	0.2	0.4	0.6



6.5.3 Matrices de “valores de pertenencia” por tipo de riesgo.

6.5.3.1 Riesgo económico.

VARIABLE	VALOR DE PERTENENCIA
Inflación de la mano de obra.	0.4
Inflación de los materiales estructurales.	0.5
Inflación de los precios de equipos.	0.3
Incumplimiento en los pagos por parte del cliente.	0.2
Incumplimiento en los pagos de contratos, nóminas, por parte de la firma.	0.3
Incumplimiento en los pagos por parte de los subcontratistas, por falta de flujo de efectivo.	0.1

6.5.3.2 Riesgo contractual.

VARIABLE	VALOR DE PERTENENCIA
Incumplimiento en los pagos por parte del cliente.	0.2
Incumplimiento en los pagos de contratos, nóminas, por parte de la firma.	0.1
Mala coordinación con los subcontratistas.	0.1
Mala coordinación con el cliente.	0.1

6.5.3.3 Riesgo político.

VARIABLE	VALOR DE PERTENENCIA
Falta de permisos.	0.9
Variabilidad en la utilidad por cambio en los índices de impuestos.	0.0

6.5.3.4 Riesgo administrativo.

VARIABLE	VALOR DE PERTENENCIA
Baja productividad por parte de la mano de obra.	1
Baja productividad por parte del equipo.	1
Baja calidad en los controles administrativos.	0.1
Variación en el volumen o en la calidad de los trabajos.	0.4
Accidentes o errores por omisiones en la seguridad.	0.1



6.5.3.5 Riesgo de construcción.

VARIABLE	VALOR DE PERTENECIA
Calidad de la mano de obra.	0.2
Indisponibilidad del equipo.	0.1
Integridad mecánica del equipo.	0.0
Indisponibilidad del material.	0.6
Incumplimiento en el alcance del proyecto.	0.2
Accesos en funcionamiento sin permisos.	0.8
Mala ubicación en los accesos a la zona de obra.	0.3
Variabilidad en el volumen de obra.	0.2



6.5.4 Evaluación de la situación.

Para ello haremos uso de la herramienta llamada, evaluación sintética.

6.5.4.1 Riesgo económico.

VARIABLE	POSIBILIDAD DEL RIESGO
Inflación de la mano de obra.	Min. [Máx.(0.4, 0.3), Máx.(0.4, 0.5), Máx.(0.4, 0.6)]
Inflación de los materiales estructurales.	Min. [Máx.(0.5, 0.2), Máx.(0.5, 0.4), Máx.(0.5, 0.6)]
Inflación de los precios de equipos.	Min. [Máx.(0.3, 0.1), Máx.(0.3, 0.3), Máx.(0.3, 0.4)]
Incumplimiento en los pagos por parte del cliente.	Min. [Máx.(0.2, 0.2), Máx.(0.2, 0.3), Máx.(0.2, 0.4)]
Incumplimiento en los pagos de contratos, nóminas, por parte de la firma.	Min. [Máx.(0.3, 0.2), Máx.(0.3, 0.4), Máx.(0.3, 0.6)]
Incumplimiento en los pagos por parte de los subcontratistas, por falta de flujo de efectivo.	Min. [Máx.(0.1, 0.2), Máx.(0.1, 0.3), Máx.(0.1, 0.4)]

6.5.4.2 Riesgo contractual.

VARIABLE	POSIBILIDAD DEL RIESGO
Incumplimiento en los pagos por parte del cliente.	Min. [Máx.(0.2, 0.2), Máx.(0.2, 0.3), Máx.(0.2, 0.4)]
Incumplimiento en los pagos de contratos, nóminas, por parte de la firma.	Min. [Máx.(0.1, 0.2), Máx.(0.1, 0.4), Máx.(0.1, 0.6)]
Mala coordinación con los subcontratistas.	Min. [Máx.(0.1, 0.1), Máx.(0.1, 0.3), Máx.(0.1, 0.5)]
Mala coordinación con el cliente.	Min. [Máx.(0.1, 0.1), Máx.(0.1, 0.2), Máx.(0.1, 0.3)]

6.5.4.3 Riesgo político.

VARIABLE	POSIBILIDAD DEL RIESGO
Falta de permisos.	Min. [Máx.(0.9, 0.4), Máx.(0.9, 0.6), Máx.(0.9, 0.8)]
Variabilidad en la utilidad por cambio en los índices de impuestos.	Min. [Máx.(0.0, 0.1), Máx.(0.0, 0.1), Máx.(0.0, 0.2)]

6.5.4.4 Riesgo administrativo.

VARIABLE	POSIBILIDAD DEL RIESGO
Baja productividad por parte de la mano de obra.	Min. [Máx.(1, 0.2), Máx.(1, 0.3), Máx.(1, 0.4)]
Baja productividad por parte del equipo.	Min. [Máx.(1, 0.1), Máx.(1, 0.2), Máx.(1, 0.3)]
Baja calidad en los controles administrativos.	Min. [Máx.(0.1, 0.1), Máx.(0.1, 0.3), Máx.(0.1, 0.5)]
Variación en el volumen o en la calidad de los trabajos.	Min. [Máx.(0.4, 0.2), Máx.(0.4, 0.4), Máx.(0.4, 0.6)]
Accidentes o errores por omisiones en la seguridad.	Min. [Máx.(0.1, 0.0), Máx.(0.1, 0.1), Máx.(0.1, 0.2)]



6.5.4.5 Riesgo de construcción.

VARIABLE	POSIBILIDAD DEL RIESGO
Calidad de la mano de obra.	Min. [Máx.(0.2, 0.3), Máx.(0.2, 0.5), Máx.(0.2, 0.6)]
Indisponibilidad del equipo.	Min. [Máx.(0.1, 0.2), Máx.(0.1, 0.4), Máx.(0.1, 0.6)]
Integridad mecánica del equipo.	Min. [Máx.(0.0, 0.1), Máx.(0.0, 0.1), Máx.(0.0, 0.2)]
Indisponibilidad del material.	Min. [Máx.(0.6, 0.1), Máx.(0.6, 0.3), Máx.(0.6, 0.4)]
Incumplimiento en el alcance del proyecto.	Min. [Máx.(0.2, 0.0), Máx.(0.2, 0.0), Máx.(0.2, 0.1)]
Accesos en funcionamiento sin permisos.	Min. [Máx.(0.8, 0.1), Máx.(0.8, 0.2), Máx.(0.8, 0.3)]
Mala ubicación en los accesos a la zona de obra.	Min. [Máx.(0.3, 0.2), Máx.(0.3, 0.3), Máx.(0.3, 0.4)]
Variabilidad en el volumen de obra.	Min. [Máx.(0.2, 0.2), Máx.(0.2, 0.4), Máx.(0.2, 0.6)]



6.5.5 Resultados de la evaluación.

6.5.5.1 Riesgo económico.

VARIABLE	POSIBILIDAD DEL RIESGO
Inflación de la mano de obra.	0.4
Inflación de los materiales estructurales.	0.5
Inflación de los precios de equipos.	0.3
Incumplimiento en los pagos por parte del cliente.	0.2
Incumplimiento en los pagos de contratos, nóminas, por parte de la firma.	0.3
Incumplimiento en los pagos por parte de los subcontratistas, por falta de flujo de efectivo.	0.2

6.5.5.2 Riesgo contractual.

VARIABLE	POSIBILIDAD DEL RIESGO
Incumplimiento en los pagos por parte del cliente.	0.2
Incumplimiento en los pagos de contratos, nóminas, por parte de la firma.	0.2
Mala coordinación con los subcontratistas.	0.1
Mala coordinación con el cliente.	0.1

6.5.5.3 Riesgo político.

VARIABLE	POSIBILIDAD DEL RIESGO
Falta de permisos.	0.9
Variabilidad en la utilidad por cambio en los índices de impuestos.	0.1

6.5.5.4 Riesgo administrativo.

VARIABLE	POSIBILIDAD DEL RIESGO
Baja productividad por parte de la mano de obra.	0.2
Baja productividad por parte del equipo.	1.0
Baja calidad en los controles administrativos.	0.1
Variación en el volumen o en la calidad de los trabajos.	0.4
Accidentes o errores por omisiones en la seguridad.	0.1

6.5.5.5 Riesgo de construcción.

VARIABLE	POSIBILIDAD DEL RIESGO
Calidad de la mano de obra.	0.3
Indisponibilidad del equipo.	0.2
Integridad mecánica del equipo.	0.1
Indisponibilidad del material.	0.6
Incumplimiento en el alcance del proyecto.	0.2
Accesos en funcionamiento sin permisos.	0.8
Mala ubicación en los accesos a la zona de obra.	0.3
Variabilidad en el volumen de obra.	0.2



6.5.6 Análisis de resultados de la primer etapa.

Con esta primer etapa de la evaluación, se pueden detectar las variables más riesgosas de cada categoría como se muestra en la siguiente tabla.

VARIABLES CON MAYOR POSIBILIDAD DE OCURRENCIA		
RIESGO	VARIABLE	POSIBILIDAD DEL RIESGO
Económico	Inflación de los materiales estructurales.	0.5
Contractual	Incumplimiento en los pagos por parte del cliente.	0.2
	Incumplimiento en los pagos de contratos, nóminas, por parte de la firma.	0.2
Político	Falta de permisos.	0.9
Administrativo	Baja productividad por parte del equipo.	1
Construcción	Indisponibilidad del material.	0.8

Por ejemplo, para éste caso en particular puede observarse que el riesgo con mayor posibilidad de ocurrencia está dentro del ámbito administrativo con un valor de 1. Recordemos que el valor numérico igual a 1 implica tener la certeza de que se presentará un escenario desfavorable, en el mismo sentido y en términos prácticos se puede decir algo similar del ámbito político y del ámbito de construcción. Es en estos tres rubros donde hay que desarrollar medidas preventivas de manera inexcusable, sin desatender los ámbitos restantes.

Para ejemplificar tomemos el caso del riesgo de construcción: Recordemos que en este tipo de riesgo se detectaron 8 escenarios posibles procedentes de 6 rubros analizados, de los cuales el rubro titulado como “Accesos inutilizados” obtuvo una evaluación de 0.8 en su primer escenario de nombre “clausura de los accesos por incumplimiento o falta de permisos”.

Esto sucedió por que dentro de los escenarios estudiados se llegó a la conclusión de que varios permisos rebasaban los 150 días, debido a que los tiempos gubernamentales solo consideran los días hábiles. Esto significa que algunos accesos no podrían contar con la liberación correspondiente en el momento en que se iniciará con las tareas para las cuales fue contemplado, teniendo así la posibilidad de atrasar algunas tareas críticas. Hay que plantear alternativas ante este escenario.

En caso del riesgo político el escenario es el mismo, descrito anteriormente para el riesgo de construcción. Pero el valor fue ligeramente diferente debido a que el grupo multidisciplinario fue distinto, pues para este riesgo no participo gente de construcción.

En el caso del riesgo administrativo se detectaron 5 escenarios adversos dentro de los cuales se encontró “Retraso de las actividades por baja productividad del equipo” con una calificación de 1 en cuanto a la posibilidad de que ocurra, es decir



se tiene la certeza de que tal escenario sucederá. La explicación de esto es simple: Durante la evaluación no se encontró documentación que avalará la existencia de mantenimiento predictivo o de mantenimiento preventivo para el equipo o maquinaria que se requería rentar para algunos trabajos especiales, por esta razón se consideró que dicho equipo solo contaba con programas de mantenimiento correctivo y por lo tanto con un alto riesgo de presentar problemas durante su uso.

6.5.7 Valores posibilístico de cada riesgo.

Para esta parte echaremos mano una vez más de la lógica difusa y tomaremos el valor máximo de las variables de para cada tipo de riesgo, por la simple razón de que representa el riesgo más alto relativo. Dentro de la lógica difusa esto procedimiento se llama evaluación sintética y la base de evaluación será; Seleccionar el valor máximo. Por lo que el valor posibilístico de cada tipo de riesgo es:

VARIABLES CON MAYOR POSIBILIDAD DE OCURRENCIA	
RIESGO	POSIBILIDAD DEL RIESGO
Riesgo Económico.	0.5
Riesgo Contractual.	0.2
Riesgo Político.	0.9
Riesgo Administrativo.	1
Riesgo Construcción.	0.8

6.5.8 Segunda capa en la evaluación de Riesgos.

Hasta este punto solo hemos evaluado la capa 1 de la red propuesta y debemos ahora efectuar la evaluación en las siguientes etapas. Para realizar los cálculos de la segunda capa de la red se requieren los pesos de evaluación, los cuales se dan a continuación:

VARIABLES CON MAYOR POSIBILIDAD DE OCURRENCIA	
RIESGO	PESOS PARA CADA RIESGO
Riesgo Económico.	30
Riesgo Contractual.	15
Riesgo Político.	10
Riesgo Administrativo.	25
Riesgo Construcción.	20

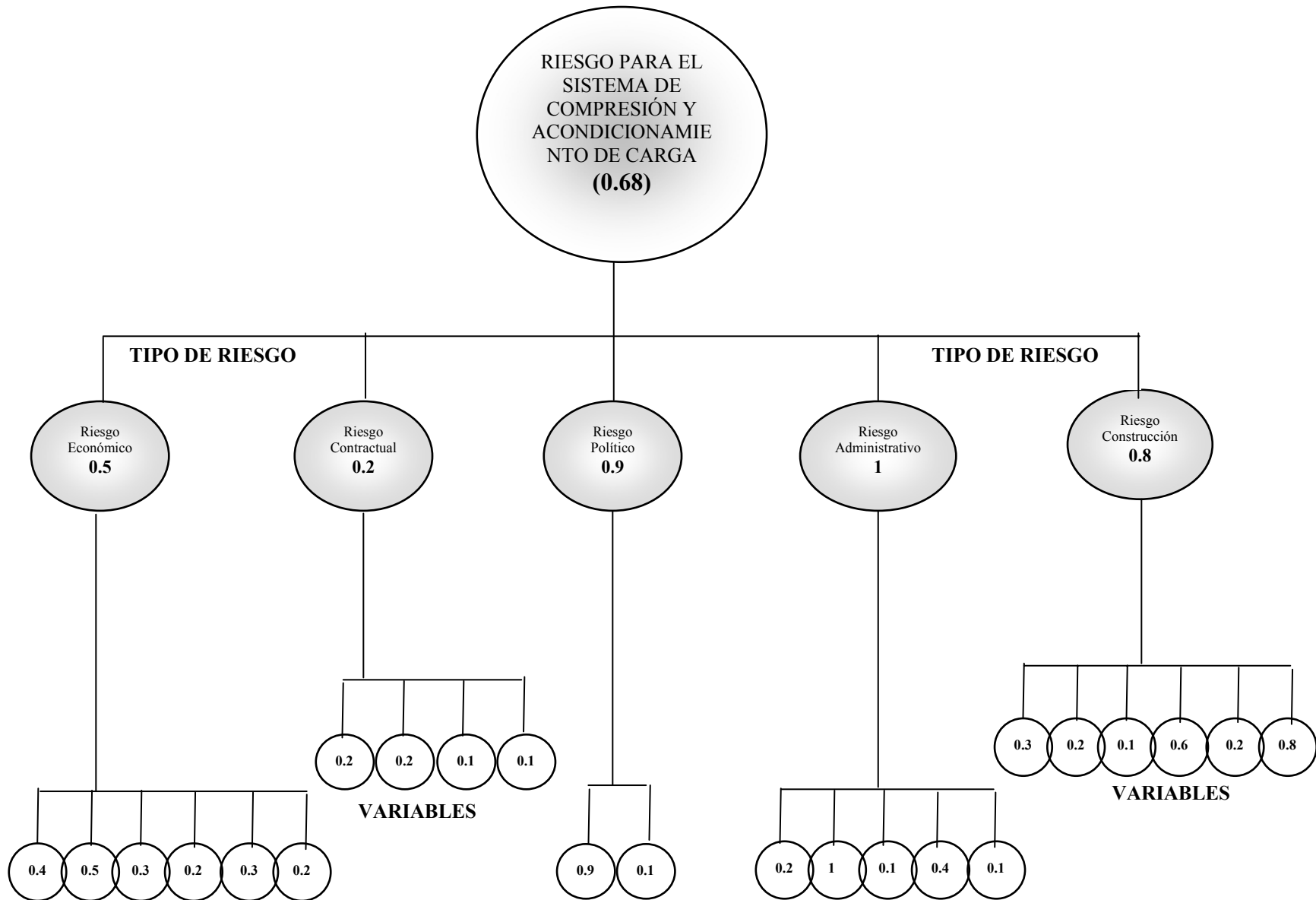


Estos pesos deberán normalizarse para establecer proporciones adecuadas, y una vez normalizados se podrán multiplicar por el valor del riesgo correspondiente. Con esto se obtendrá un valor ponderado del riesgo, para al final realizar una sumatoria aritmética entre los valores ponderados. Tal y como se muestra en la siguiente tabla:

VARIABLES CON MAYOR POSIBILIDAD DE OCURRENCIA				
RIESGO	PESOS	PESOS NORMALIZADOS	POSIBILIDAD DEL RIESGO	POSIBILIDAD PONDERADA DEL RIESGO
Económico	30	0.3	0.5	0.15
Contractual	15	0.15	0.2	0.03
Político	10	0.1	0.9	0.09
Administrativo	25	0.25	1	0.25
Construcción	20	0.2	0.8	0.16
SUMA	100	1.0	3.4	0.68

La posibilidad ponderada de enfrentarse a un escenario desfavorable durante la vida del proyecto es de 0.68, esta posibilidad en estadística clásica se conoce como probabilidad subjetiva. La diferencia radical esta en las reglas para obtener y alimentar los datos, así como en las reglas matemáticas de manipulación.

Para hacer más claro esto, visualicemos la red para nuestro caso de estudio.





Hasta aquí la evaluación de los riesgos, el cálculo final del riesgo se deberá realizar con la siguiente igualdad.

$$\text{RIESGO} = \text{POSIBILIDAD DE OCURRENCIA} \times \text{CONSECUENCIAS}$$

La cual se puede aplicar en cualquier etapa de la evaluación. Si se decide utilizarla hasta la parte final de la evaluación, la fórmula será la siguiente:

$$\text{RIESGO} = (0.68) \times \text{CONSECUENCIAS.}$$

El (0.68) se obtiene directamente de la evaluación y la parte de las consecuencias se pueden obtener de documentos realizados en etapas propias del proyecto. Se recomienda utilizar el presupuesto de las horas – hombre de las tareas o trabajos que tendrían que efectuarse para corregir las desviaciones y no incurrir en penalizaciones.

Solo a manera de ejemplo: Supóngase que la desviación, prevista en los escenarios desfavorables, requiere de 5,500 horas – hombre para corregirse a un costo de \$89 la hora promedio. Entonces la ecuación quedaría de la siguiente forma:

$$\text{RIESGO} = (0.68) \times (\$489,500).$$

Lo que nos daría un resultado de que; el riesgo global del proyecto es de \$332,860.

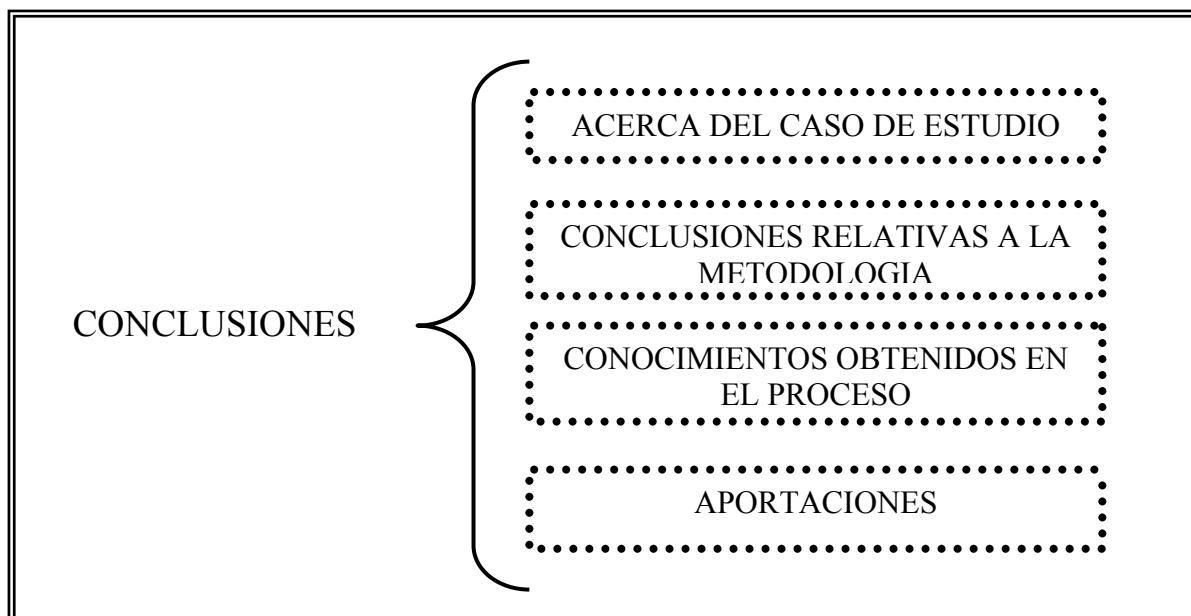
Lo anterior solo es un supuesto para ejemplificar el cálculo total del riesgo global. Sin embargo, el mismo cálculo se puede efectuar para cada tipo de riesgo y al final la suma de todas las cantidades nos deberán dar la misma suma de \$332,860.



7.1 Estructura de la conclusiones.

En este capítulo se presentan las conclusiones obtenidas al realizar el presente trabajo de investigación, así como los conocimientos obtenidos durante la realización del mismo.

La estructura del capítulo es como se muestra en el siguiente esquema.



7.2 Acerca del caso de estudio.

La maestría de Administración y evaluación de proyectos de la facultad de química es una maestría de alto rendimiento incorporada al padrón PNP del CONACYT, por lo que requiere de tiempo completo en la parte académica. Por este motivo es complicado acceder a un caso de estudio que la industria este realizando en tiempo real.

Por tal motivo resulta pertinente, en este punto, subrayar y agradecer el apoyo brindado por el ingeniero Carlos Villaseñor M., así como a su consultoría por la ayuda prestada para la realización de este trabajo.

Durante la búsqueda de un caso de estudio nos encontramos con la consultoría **CVM** que presta servicios de administración de proyectos, precios unitarios y ruta crítica. La cuál permitió que el autor de este trabajo participará en un proyecto con ellos; En el cual se elaboró la ruta crítica de un proyecto determinado, sin embargo este proyecto se encontraba en la parte de ejecución y no en la parte de licitación.



Por lo que se decidió acceder al archivo de la consultoría para seleccionar una licitación de un proyecto industrial al cuál aplicarle la metodología propuesta.

El proyecto seleccionado fue el marcado con el número de proyecto No : Q-558-26-01, con el siguiente título: **“APROVECHAMIENTO DE GAS NATURAL DE LA BATERIA ARENQUE EN EL DISTRITO DE ALTAMIRA”**.

Proyecto que fue encargado por una constructora participante en la licitación No. 18577002-027-00, (la cuál no autorizó la publicación de su nombre en este trabajo).

Los datos oficiales de la licitación son los siguientes: Proyecto No. Q-558-26-01, Licitación No. 18577002-027-00, Concurso No. PGPB-GRM-079-IT/00, Partida presupuestal No. Q-558-26-99. Bases para la licitación publica internacional emitida por la *subgerencia de concursos, contratos e ingeniería económica* perteneciente a la *gerencia de recursos materiales* de la *subdirección de administración y finanzas* de PEMEX GAS Y PETROQUIMICA BASICA.

La metodología desarrollada y propuesta en este trabajo de investigación esta enfocada para la etapa de licitación, por lo cual el proyecto No. Q-558-26-01 resultaba ideal para poner a prueba dicha metodología. Para lo cual solo habría que comparar los resultados obtenidos con la metodología contra los hechos reales de la construcción de endulzadora de gas amargo. Sin embargo esto ya no fue posible debido a que la constructora licitante con la cual trabajamos no ganó la licitación, por lo que no contamos con información detallada de los sucesos durante la construcción de la obra.

Cabe aclarar que la licitación se efectuó en noviembre del año 2000, para iniciar trabajos de construcción el 26 de marzo del 2001. Mientras que la tesis se inició en septiembre del 2004.

Así que las conclusiones se harán en base a las experiencias obtenidas durante la aplicación de la metodología al proyecto No. Q-558-26-01, con la ayuda de los colaboradores de la consultoría antes mencionada.



7.3 Conclusiones relativas a la metodología propuesta.

Las conclusiones se harán, (como lo exige el método científico), a partir de la hipótesis del trabajo; En el capítulo I, en la sección 1.4 se pone de manifiesto la hipótesis de este trabajo de investigación y a continuación se vuelve a transcribir como referencia.

“La lógica difusa cuenta con herramientas adecuadas, que se presentan como una opción prometedora para evaluar al riesgo eficazmente de forma cualitativa, empleando la probabilidad o la incertidumbre de las variables”.

También en el capítulo I en la sección 1.4.1 se plantean una serie de preguntas a la metodología para aceptar o rechazar la hipótesis; Las respuestas individuales a estas preguntas arrojarán las conclusiones particulares, de las cuales tendrá que nacer la conclusión final acerca de la metodología propuesta.

Iniciemos, entonces, por recordar aquellas preguntas planteadas

1 - ¿Se podrá manejar la información disponible a través de niveles jerárquicos para formar una red de modelado?

A través del caso de estudio se demostró la viabilidad de manejar la información en 3 niveles jerárquicos de una red, recordemos;

El primer nivel es donde se alimenta la información disponible sobre cada riesgo, este nivel exige la formación de curvas de pertenencia;

El segundo nivel es aquel donde se manipula por primera vez la información alimentada, esto se realiza a través de las matrices de evaluación y de una serie de reglas difusas, (en este trabajo se propone la evaluación sintética).

El tercer y último nivel es donde se ponderan los valores de cada riesgo para obtener un solo valor de riesgo.

Conclusión 1.

La metodología propuesta es adecuada para manejarse a través de una red formada por niveles jerárquicos.



2 - ¿Cómo se van a construir las funciones de pertenencia entre los grupos de variables tan disímbolas como: Variables técnicas, variables logísticas, variables económicas, variables ecológicas, variables sociales y variables políticas?

Las funciones de pertenencia se pueden construir a partir de la experiencia del personal de la compañía que ha participado en proyectos similares, tal y como se hizo en el caso de estudio, o bien se pueden construir a partir de información documentada durante proyectos anteriores; lo que le da, para algunas personas, a las curvas mayor confiabilidad.

Conclusión 2.

La metodología es una herramienta útil porque provee una buena prospectiva sobre los riesgos que existirán en un proyecto industrial. Si bien es cierto que por medio de otras metodologías se pueden obtener evaluaciones de riesgos, también es cierto que éstas no toman en cuenta tantos factores como se consideran en la propuesta, sin que se vuelvan secuencias de cálculo sumamente difíciles de resolver. Gracias a la lógica difusa, en la metodología propuesta, esto no sucede.

3 - ¿Cómo establecer mecanismos adecuados para saber qué variables considerar en cada caso?

En esta metodología las variables preponderantes se obtuvieron mediante un consenso entre los expertos participantes y el líder de evaluación de riesgos, y el mecanismo empleado fue un cuestionario por categoría, — en este trabajo se propusieron 5 categorías —, en el cual se proponían algunas variables para cada riesgo.

Conclusión 3.

Los mecanismos para elegir las variables adecuadas en cada riesgo puede hacer de múltiples formas; desde la típica consulta a un técnico o experto hasta la lluvia de ideas. Lo importante es; garantizar la representatividad de la realidad.

4 - ¿Cuáles deben ser las principales fuentes de información a considerar: Expertos, información histórica, información bibliográfica; Manuales, revistas especializadas, informes técnicos, etc.?

Conclusión 4.

La metodología propuesta puede usar todo tipo de fuente para acceder a la información inicial, y la utilidad de la fuente de información quedará en función de la desviación real entre los resultados obtenidos y los hechos reales en cada suceso.



La metodología propuesta aquí se creo desde un enfoque sistémico, por lo que al inicio se prevén resultados poco representativos; La metodología deberá volverse más exacta con cada ajuste a la curvas o a los pesos.

Las gráficas usadas en el caso de estudio se obtienen con ayuda de especialistas, por lo que cuando la metodología se aplique dentro de una firma de ingeniería para proyectos industriales, deberá estar obviamente basada en la experiencia y condiciones particulares de la firma.

Entre mayor información y experiencia se utilice para realizar las gráficas y corregirlas, será mejor el pronóstico del riesgos. También se pueden cambiar los pesos de la red dependiendo del error de cálculo con respecto a la realidad.

Conclusión General.

De los puntos anteriores se emanada que nuestra hipótesis es, – por lo menos en su última parte –, afirmativa, quedando redactará como sigue;

Mediante la metodología propuesta en el trabajo de investigación y en el caso de estudio presentado se demuestra: La gran cantidad de variables independientes, necesarias para abordar el tema de riesgos durante la ejecución de un proyecto industrial; Así como la dificultad de integrarlas o considerarlas en su conjunto sin que esto de cómo consecuencia una metodología extensa y compleja; También se percibe la imposibilidad de realizar la evaluación de riesgos en estas condiciones, sin contar con información de calidad y en una gran cantidad, pero de la misma manera; Se muestra como, a través del uso de un par de herramientas de la lógica difusa estos escollos son salvados para conformar una evaluación de riesgos que toma en cuenta un conjunto amplio de variables y arroja resultados mediante una serie de paso sistemáticos y relativamente simples. Por todo lo anterior podemos decir que la metodología propuesta, usando algunas herramientas de la lógica difusa, resulta una opción prometedora en el campo de la evaluación de riesgos.

Durante la el desarrollo del caso de estudio se vieron las ventajas que está metodología puede ofrecer a futuro. Es cierto que no se pudo contrastar los resultados contra los hechos reales y esto deja la puerta abierta al esceptisimo, sin embargo los participantes en el caso de estudio sentimos el potencial de la metodología al ponerla en práctica, puesto que presenta una posibilidad real de mejorar los pronósticos con el paso del tiempo al tener mejor información sobre el entorno.



7.4 Conocimientos obtenidos en el proceso.

Aprendizaje 1.

El capital intelectual de una empresa se debe aprovechar y debe ser considerado como un activo, el de mayor valor.

Desarrollo:

Esto se menciona con frecuencia en el ambiente de ingeniería y en otros ambientes, sin embargo, es necesario preguntarse si realmente se aprovecha el capital intelectual de la empresa. En el desarrollo del trabajo de investigación, noté que no sólo se puede aprovechar el capital intelectual y la experiencia en realizar procedimientos y revisar manuales, si no que se puede aprovechar exitosamente en otros aspectos; como se aprovecha en la metodología propuesta. La lógica difusa trata sobre esto: Aprovechar el conocimiento humano en diversos campos, desde la robótica hasta la economía

Lo interesante de esto es que la experiencia puede ayudar a cuantificar riesgos y tomar las medidas necesarias para evitar que dichos riesgos tengan consecuencias indeseables. Esto no es algo nuevo, ya se hace intuitivamente en muchas empresas, por esta razón se propone hacer de manera formal lo que ya ha probado ser efectivo.

Aprendizaje 2.

Los sistemas difusos son un tema que se ha estudiado mucho, sin embargo no se ha utilizado en el área administrativa.

Desarrollo:

Dado que la lógica difusa es una herramienta que se utiliza para manejar información imprecisa, el ámbito administrativo es un campo fértil para aplicarla porque tiene mucho que ver con las relaciones humanas y el trato con las personas.



7.5 Aportaciones.

El presente trabajo aporta mejores plataformas para la toma de decisiones cuando se maneja información imprecisa dentro de una licitación; con un esquema metódico para realizar cálculos específicos.

Se presenta una metodología capaz de ordenar información de diversas fuentes y áreas haciéndola de fácil acceso a un algoritmo de cálculo, algo que con cualquier otra metodología resulta relativamente más complejo; ya que todas, – las metodologías existentes –, exigen que la información proporcionada para el cálculo sea de la misma naturaleza y sumamente completa.



En este anexo ejemplificaremos la creación de una curva de pertenencia. Desarrollaremos la curva de pertenencia para calificar a la mano de obra destinada a la construcción de un proyecto, esta curva pertenece al tipo de riesgo de obra o riesgo de la construcción, del cual se pone a continuación su ficha de identificación de riesgos:

Proyecto:		PRO – 0164 – RGA	
Duración:		365 días	
Tipo de Riesgo:		Construcción	
Rubro analizado	Escenario Adverso	¿Existe la posibilidad de presentarse?	Posible medida preventiva (Opcional)
Incertidumbre en la calidad de la mano de obra	Retraso de las actividades debido a una mano de obra no especializada	Si	
Incertidumbre en el equipo.	Desviación del programa a causa de indisponibilidad de equipo especializado.	Si	
	Desviación del programa a causa de la integridad del equipo.	Si	
Incertidumbre en el material de construcción.	Desviación del programa a causa de indisponibilidad de material.	Si	
	Desviación del programa por material con integridad baja o insegura	No	
Construcción defectuosa.	Penalización por no cumplir con el alcance del proyecto	Si	
Accesos inutilizados.	Clausura de los accesos por incumplimiento o falta de permisos	Si	
	Accesos mal ubicados	Si	
Variación en el volumen de obra.	Atraso en el programa por retrabados o aumento en el volumen de trabajo	Si	

NOTA: Los datos de la tercer columna se obtuvieron bajo consenso en una junta con el equipo de trabajo.

La curva a desarrollar en este anexo será la correspondiente a la variable o rubro marcado en la tabla con un ovalo.

Enfocándonos solo a esta variable, podemos empezar analizando a qué nos referimos con el término “Calidad de la mano de obra”. Aún que esta frase es sugerente por si mismo, no necesariamente es clara en cuanto a su semántica debido a que no todos entendemos lo mismo en cuanto al término “Calidad”.



Por está sencilla razón; Lo primero que tenemos que hacer es entender que significa “Calidad de la mano de obra” para la empresa, firma, consorcio o consultoría para la cual se va a usar la curva.

La calidad de determinada mano de obra puede estar en función de varios factores como pueden ser; La destreza manual, la habilidad con el equipo, la técnica empleada para un conjunto de acciones, la edad de los obreros, el grado de escolaridad, el dominio de uno u otro idioma, o incluso otro tipo de factores como; La raza de los obreros, la estatura, si se es diestro o zurdo etc.

Los adjetivos inherentes al término “calidad de la mano de obra” son totalmente subjetivos e innumerables, dado que cada persona puede dar sus propios atributos. Por lo que hay que elegir un número relativamente pequeño de adjetivos, hay que seleccionar solo los más representativos para nuestro cliente o para la firma que va aplicar la curva.

En nuestro caso de estudio se realizó un sondeo entre diversos expertos, – de la consultoría **CVM** del ingeniero Carlos Villaseñor M. –, a través de un cuestionario, encontrando que los atributos o factores representativos para esta firma en concreto son: La destreza manual y la habilidad o técnica para el manejo de equipo; de estos dos factores depende el ahorro de material y tiempo en la realización de tareas y no así de factores como la edad o la escolaridad, – solo aplica para esté caso en particular –, recordemos que estamos evaluando, de todo el personal necesario para la construcción de una obra, a los maestros albañiles, ayudantes y peones, no se incluye ingenieros, arquitectos o capataces.

Resumiendo lo todo lo anterior; Para nuestro caso de estudio la calidad de la mano de obra depende de la destreza manual y de la habilidad para operar equipo. Esto se puede expresar matemáticamente. Llamando a la calidad de la mano de obra como “Co”, a la habilidad como “He” y a la destreza como “Dm”, tenemos:

$$C_o = \phi\{ H_e, D_m\}$$

Una vez alcanzado este punto es necesario establecer el mecanismo de medición para estas dos variables independientes, de las que depende nuestra variable de interes. La mejor forma, que se encontró, para medir las dos variables fue el tiempo de experiencia en determinada actividad, justificado esto bajo la siguiente lógica; La destreza manual depende de la facilidad de aprendizaje pero también de la práctica, llegando a obtener mayor destreza manual mientras más tiempo se práctica una actividad, el mismo razonamiento aplica para la habilidad de operar un equipo.



Por lo que nuestra variable de interés está en función del tiempo de experiencia acumulado de la mano de obra. Tomando esto en cuenta, la expresión matemática anterior queda de la siguiente forma:

$$C_o = \phi\{T_e\},$$

A su vez esto se puede expresar como:

$$C_o \propto T_e,$$

Donde:

T_e ; representa al tiempo de experiencia.

α ; es una constante de proporcionalidad.

En este punto basta con encontrar la función que describa la dependencia entre las variables, esto se puede realizar de distintas maneras, donde la dificultad radicará en el método seleccionado para hacerlo. Nosotros abordaremos esta necesidad usando las herramientas de la lógica difusa.

La lógica difusa se ayuda mucho de las curvas de pertenencia, las cuales describen el grado de “pertenencia” o la dependencia de una variable dependiente con respecto a otra. Además las curvas se encuentran normalizadas por que el valor máximo que puede tomar la variable dependiente es 1 y el mínimo es cero.

Para la curva de pertenencia de este anexo, se requiere formar una escala de calificación, en donde las categorías seleccionadas, – por el autor de la tesis –, son las siguientes:

- Mano de obra experta; (Altamente calificada o de alta calidad)
- Mano de obra calificada; (Mano de obra de buena calidad)
- Mano de obra buena; (Mano de obra de calidad aceptable)
- Mano de obra regular; (Mano de obra de baja calidad)
- Mano de obra no adecuada; (Mano de obra de mala calidad)

De acuerdo a lo discernido anteriormente en este anexo, las categorías anteriores deben tener un rango de “pertenencia” en una escala de tiempo de experiencia, por lo que se decidió considerar el promedio de las horas hombre de una platilla para compararla contra otra plantilla patrón y poder calificar la calidad de la mano de obra de nuestra platilla de trabajadores, – la plantilla patrón solo lo será para la firma que va a utilizar la curva –. Los rangos de pertenencia seleccionados fueron los siguientes:



Etiqueta Lingüística	Horas promedio de experiencia
Mano de obra experta	Más de 4000
Mano de obra calificada	1800 a 4500
Mano de obra buena	900 a 2400
Mano de obra regular	500 a 1300
Mano de obra no adecuada	0 a 500

Los valores anteriores salen de la experiencia particular de un contratista, sin embargo para cualquier otro contratista o firma de construcción los valores anteriores pueden ser distintos.

Es fácil ver que algunas categorías se traslapan en sus rangos, esto es lógico por que al pedirle a varias personas que den un rango de calificación para cierto atributo como, en este caso, los rangos suelen ser ambiguos entre sí. Esto se puede solucionar dando valores límites o restrictivos a los rangos para eliminar los traslapes, pero estos límites dependerán de las curvas de restricción seleccionadas. Para este caso seleccionaremos las curvas más simples.

Seleccionemos estos límites; Empecemos por la categoría de “No adecuada” con un rango de 0 a 500 horas, el promedio de este rango es 250 horas y se pudo haber tomado como límite, sin embargo al momento de definir este rango se concluyó que el valor con el cual no se podía considerar a una persona para la obra era de 200 horas de experiencia, por lo que se tomó este valor como el límite superior.

En la categoría siguiente, “mano de obra regular”, color verde, cuyo rango va de 500 a 1300 horas, se decidió tomar como límite superior el doble del valor inferior de la categoría, es decir 1,000 horas. Quedando una diferencia de 300 unidades entre el límite superior y el valor más alto de la categoría y para hacer simétrica la curva se tomó como límite inferior al valor inferior más la diferencia de 300 unidades, lo que da un límite inferior de 800 horas.

En la categoría con la etiqueta de “mano de obra buena”, color naranja, de rango de 900 a 2400, se optó por tomar un valor restrictivo, el cual sirviera como división clara entre una mano de obra indeseable y una deseable, este valor restrictivo se seleccionó del promedio del rango de la categoría, 1,650 horas.

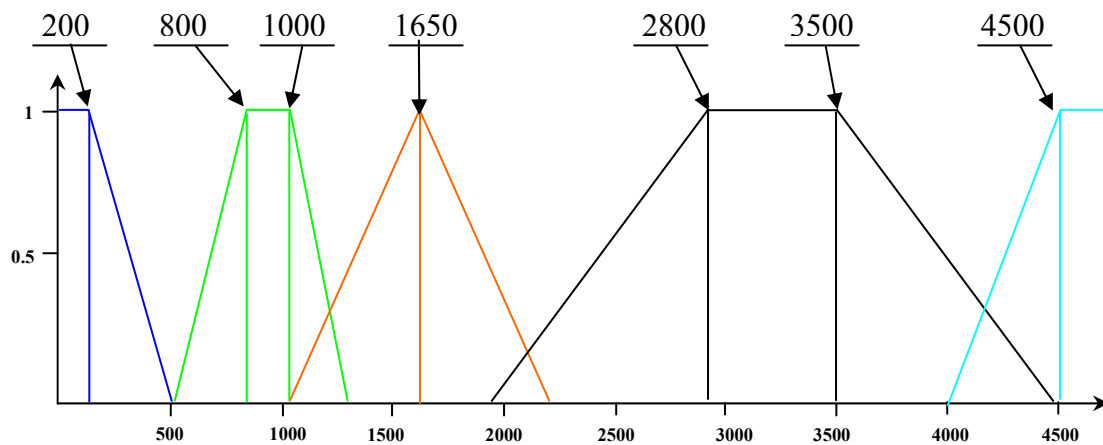
Para la penúltima categoría, “Mano de obra calificada”, color negro, de rango de 1,800 a 4,500, se hizo algo similar a la categoría de color verde, se tomó el doble del valor numérico inferior de la categoría, esto es 3,600 horas, dando una diferencia de 900 horas con el valor superior de la categoría. Esta diferencia se redondeo a 1,000 unidades para estrechar el grado de pertenencia de la curva, por lo que el límite inferior resulto del valor mínimo de la categoría más 1,000 unidades; lo que da 2,800 y el límite superior se obtuvo del valor máximo de la categoría menos 1,000 unidades; lo que da 3,500 horas.



Para la última categoría, “Mano de obra experta”, color Azul claro, con rango superior a las 4,000 unidades se decidió tomar como límite inferior el valor máximo de la categoría anterior, lo que da un valor de 4,500 horas

Este criterio de formación de límites no es el único pero si el más sencillo, claro esta que se puede sustituir por otro, por ejemplo; se puede decidir que las curvas sean trapezoidales sean compuestas por una parte central equivalente a 3/5 partes del rango, dejando 1/5 parte para cada límite, como lo hace Rodolfo Téllez Schmill en su tesis de grado¹.

Todo lo anterior nos permiten plantear nuestras primeras curvas de pertenencia, representando a cada etiqueta lingüística o categoría en una curva, tal como se hace en la siguiente figura:



En la siguiente tabla se hace explícita la correspondencia adecuada.

Etiqueta Lingüística	Color de la curva de pertenencia
Mano de obra experta	Azul claro
Mano de obra calificada	Negro
Mano de obra buena	Naranja
Mano de obra regular	Verde claro
Mano de obra no adecuada	Azul rey

Los valores del eje de Ordenadas, (y)” presentan un rango de cero a uno por que representa el grado de pertenencia a una categoría o etiqueta de un determinado valor de horas.

¹ Rodolfo Téllez Schmill, “Aplicación de técnicas de toma de decisión difusa para la selección de proveedores y subcontratistas de un proyecto”, UNAM, 2004.



Es fácil ver lo útil de las curvas anteriores, ya que resulta bastante sencillo clasificar a una persona o a una plantilla con respecto a experiencia, tomemos a modo de ejemplo el caso de una plantilla cuya experiencia promedio es de 4,200 hrs., este valor caer en dos clasificaciones por un lado puede considerarse como mano de “obra experta” o mano de “obra calificada”. Con las curvas anteriores se puede hacer una mejor clasificación diciendo que una plantilla de 4,200 hrs. de experiencia promedio pertenece en un 20%² a una mano de “obra calificada” y un 80% pertenece a una mano de obra experta.

Esta clasificación es importante por que define, por un lado la calidad de la mano de obra, de la cual dependerá el tiempo y aprovechamiento óptimo de los recursos durante la realización del trabajo, pero también depende la tabulación de los trabajadores, pagando más por una mano de obra experta que por una mano de obra regular.

La forma de cada una de las curvas depende de lo estricto que se quiera ser en cada categoría. Los tipos de curvas más comunes se describen en el capítulo No. 5 de esta tesis.

Una vez obtenidas las cinco curvas anteriores podemos calificar en términos de calidad a un obrero de la construcción o a toda una plantilla con respecto a ciertos criterios patrón previamente establecidos, pero aún no podemos decir nada respecto al riesgo y es esto último lo que verdaderamente nos interesa.

Lo que ahora necesitamos es determinar la relación existente entre la “calidad de la mano de obra” y el riesgo de obra, matemáticamente podemos decir lo siguiente:

$$R_o = \phi\{C_o\}$$

Donde; “ R_o ” representa al riesgo de obra y “ C_o ” representa a la calidad de la mano de obra. Y por la propiedad de transitividad, podemos decir que

$$R_o = \phi\{T_e\}$$

Donde T_e ; representa al tiempo de experiencia.

Por lo que debemos construir otra curva de pertenencia en la que podamos visualizar la relación entre el tiempo de experiencia y el riesgo de obra y no entre el tiempo de experiencia y la pertenencia a un tipo de calidad de mano de obra.

² En la lógica difusa se debe leer como 0.2 de pertenencia, pero esta forma de lectura resulta poco común y por ende poco representativa para la mayoría de los ingenieros o administradores. Por lo que se decidió leerla en porcentajes para fines prácticos.



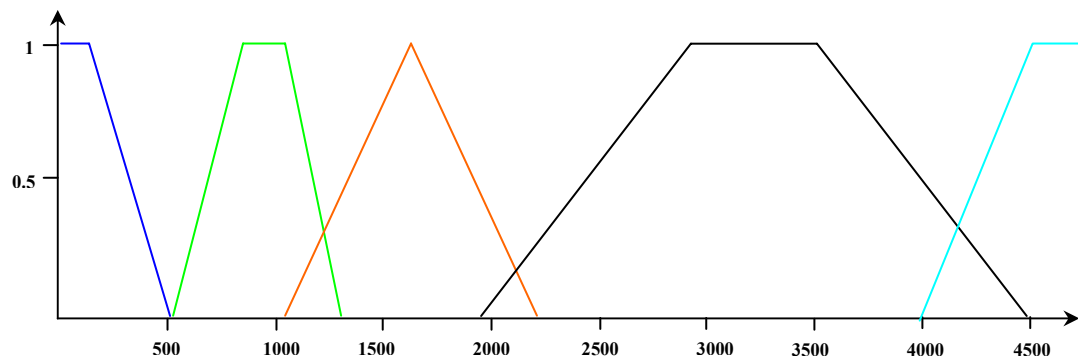
Para lograr esto es necesario encontrar alguna relación entre el tipo de calidad de la mano de obra y el riesgo, lo cual lo podemos lograr con lo que en lógica difusa se conoce como mapeo, esto no es más que una matriz de relaciones como la siguiente:

Tipo de mano de obra	PROBABILIDAD DE SUFRIR UN RETRASO EN EL PROYECTO O PROBABILIDAD DE COMETER ERRORES GRAVES			
	Probabilidad Optimista	Probabilidad Mesurada	Probabilidad Pesimista	Probabilidad Promedio
Experta	0.1	0.1	0.2	0.13
Calificada	0.2	0.3	0.4	0.3
Buena	0.3	0.4	0.5	0.4
Regular	0.4	0.5	0.6	0.5
No adecuada	0.6	0.7	0.8	0.7

Esta matriz muestra los valores de probabilidades subjetivas de riesgo para cada tipo de mano de obra, se dicen subjetivos por que emanan de la opinión experta o de la experiencia de una persona inmersa en el tema. Estos valores pueden ser obtenidos de bases de datos históricas de la propia firma o de las experiencias del personal de la firma.

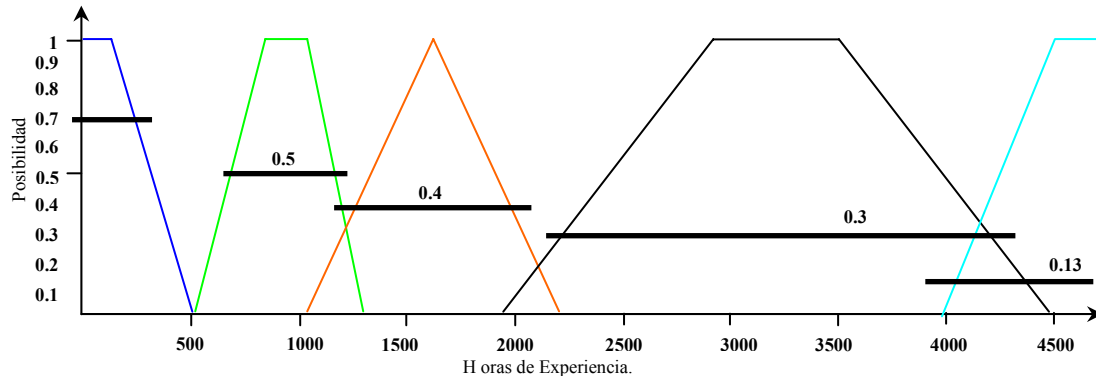
Con las probabilidades promedio de la tabla anterior se puede realizar una evaluación del tipo sintético, donde se muestre alguna interacción entre los dos conjuntos de datos, – el conjunto de “calidad de mano de obra y el conjunto de las probabilidades –, de la siguiente forma.

Primero tomemos las curvas de pertenencia referentes a los tipos de “mano de obra”

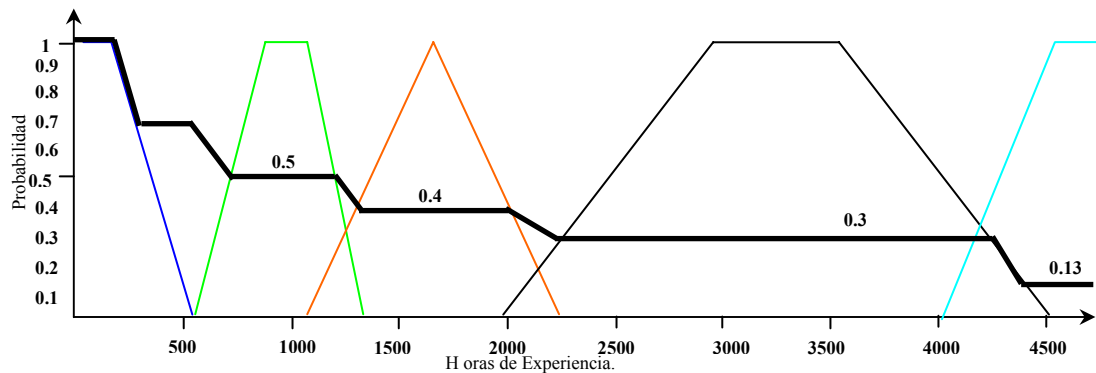




Ahora marquemos sobre estas curvas los valores, para cada conjunto de mano de obra, su probabilidad de riesgo



Ahora unamos las líneas discontinuas, entre si, de la siguiente manera:

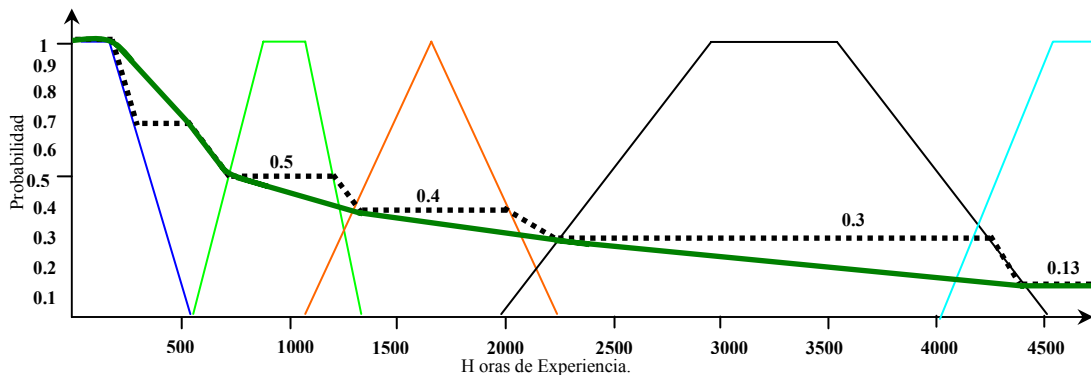


Como se puede apreciar, la unión entre la líneas fue muy simple, solo se unieron a través de una línea recta entre sus extremos. Solo encontramos dos uniones diferentes: La unión entre la categoría azul fuerte y la categoría verde se realizó considerando como punto de unión el par de puntos, (500, 0.7) por ser los valores correspondientes a la categoría de “Mano de obra no adecuada”, (Categoría azul fuerte y con la cual se desea la mayor restricción posible); a los valores menores a 200 horas se les asigna la mayor probabilidad existente, la de 1.

Por último, la otra unión que sigue un patrón diferente es la presentada entre la categoría de color negro y la de color azul claro, aquí se unió siguiendo la pendiente de una de las categorías a unir.

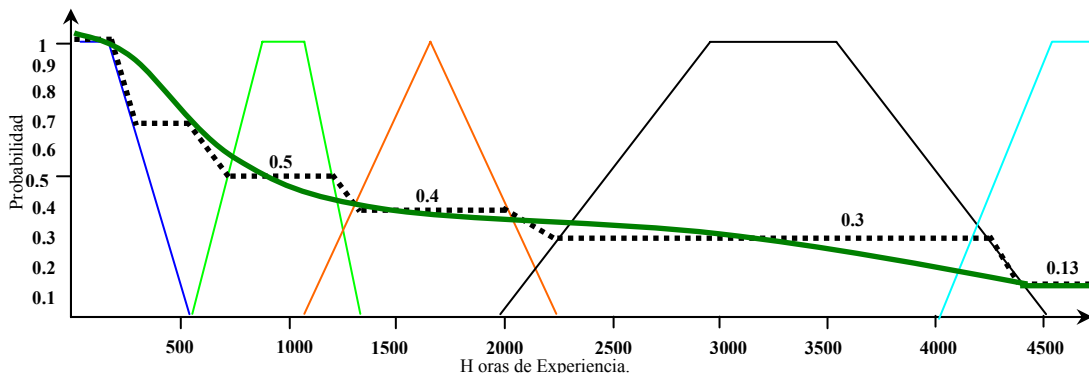


Esta forma de unión es totalmente arbitraria, por lo que no es la única posible, en la figura de abajo se muestra otra forma de la curva, formada con otros criterios.



Los criterios tomados para la curva anterior fueron los siguientes: Los valores iguales o menores a 200 horas tienen una probabilidad igual a uno, los valores iguales o mayores a 4400 tienen una probabilidad de 0.13, (que corresponde al valor más bajo). Y el cuerpo de la curva se formó tomando los valores inferiores de cada categoría.

También se pudo tomar los valores medios de cada categoría para la curva cruzará el punto medio de cada categoría, tomando un valor promedio, tal y como se muestra en la siguiente curva.



Los criterios para formar la curva dependerá de lo restrictivo que se quiera a la curva, o de los criterios matemáticos seleccionados para describir a la variable en cuestión. En los tres ejemplos anteriores, se utilizó una evaluación sintética para la formación de las curvas de pertenencia.



Evaluación sintética difusa.

En este proceso de evaluación los elementos individuales y componentes se sintetizan en una forma de agregado, conjuntos o “clusters”. Dichos elementos pueden ser numéricos o no numéricos, y el proceso de síntesis difusa consiste en acomodar a todos los elementos de manera ordenada en un solo conjunto empleando uno o varios criterios validos. La evaluación normalmente se realiza en términos lingüísticos cuando la evaluación numérica es muy compleja, inaceptable o muy efímera.

Esta herramienta requiere de la definición de una base de evaluación, a partir de la cual serán comparadas todas las alternativas disponibles y se determinara una comparación relativa con ciertos patrones de evaluación.

La asignación de valores a las relaciones se puede llevar a cabo principalmente a través de seis métodos:

- Producto cartesiano.
- Expresión de forma cerrada.
- Examinar datos.
- Reglas lingüísticas basadas en conocimientos.
- Clasificación.
- Métodos similares en la manipulación de información.

En el trabajo de tesis, la formación de todas las curvas de pertenencia se obtuvieron utilizando la herramienta difusa de “Evaluación Sintética” por su versatilidad.



Definición de riesgo de acuerdo a:

- * SEMARNAP, (LGEEPA); No existe definición pero usa su concepto a través de diversos anexos y guías de diagnóstico y evaluación.
- * SECRETARIA DE SALUD, (Ley General de Salud); No existe definición, pero se menciona el riesgo a la salud por efecto de contaminantes en el ambiente (Art. 116).
- * SECRETARIA DEL TRABAJO Y PREVISIÓN SOCIAL,
 - Ley Federal del Trabajo; (Art. 472): Riesgos de trabajo son los accidentes y enfermedades a que están expuestos los trabajadores en ejercicio o con motivo del trabajo.
 - Reglamento Federal de Seguridad, Higiene y Medio Ambiente de Trabajo; No hay definición.
- * SECRETARIA DE GOBERNACION, Guía Técnica para la implementación de Programas Internos de Protección Civil; No existe definición pero se hace referencia al término.
- * GOBIERNO DEL D.F.,
 - Ley de Protección Civil; Art. 3: Definición de Riesgo: Grado de probabilidad de pérdidas de vidas, personas heridas, propiedad dañada y actividad económica detenida, durante un periodo de referencia en una región dada, para un peligro en particular. Riesgo es el producto de la amenaza y la vulnerabilidad.
 - Reglamento de Protección Civil para el D.F.; Art. 2: Definición de Alto Riesgo: la probabilidad elevada de ocurrencia de un fenómeno que pueda producir una emergencia, siniestro o desastre, poniendo en peligro la salvaguarda de los habitantes del Distrito Federal, sus bienes y entorno.

Como se puede observar, existe poca claridad sobre lo que es un riesgo, o al menos existe displicencia para manifestar de forma escrita el significado de riesgo. Las pocas definiciones legales existentes sobre el riesgo son poco claras, apoyadas preponderadamente sobre la parte de la probabilidad de ocurrencia, dejando de un poco de lado la magnitud de las consecuencias.

Sin embargo el Gobierno del D. F. considera dentro de su ley de protección civil, el producto de la probabilidad y la vulnerabilidad, término que tiene relación directa con la magnitud de las consecuencias, debido que a mayor vulnerabilidad mayor serán las consecuencias que su sufran ante la ocurrencia de un riesgo determinado.



Ahora hablemos un poco sobre los temas inherentes al riesgo: La probabilidad de ocurrencia y la magnitud de las consecuencias.

Quizás los primeros estudios serios de nociones de probabilidad fueron desarrollados en el siglo XVI en la época del Renacimiento. En esta etapa, la ciencia y la tecnología avanzaron a un ritmo mucho mayor que en los siglos pertenecientes a la Edad Media.

Girolamo Cardano nació en Milán, Italia, en 1500 y murió en 1571. Se le conoce porque escribió su propia biografía en un libro titulado “De Vita Propria Liber”. Fue un médico prestigiado y a través de su biografía se sabe de su afición por los juegos de azar, en especial con los dados, las cartas y el ajedrez. A través del análisis de este tipo de juegos, en particular con el juego con dados, realizó múltiples análisis de probabilidad. Durante su vida, escribió 131 trabajos publicados y dejó 111 manuscritos sin publicar. Estos escritos analizan temas de matemáticas, astronomía, física, astrología y medicina.

El libro en el que Cardano desarrolla los principios de la teoría de probabilidad, se denominó “*Liber de Ludo Aleae*” (Libro de juegos de azar) publicado en 1663, fecha para la cual Cardano había muerto. En esta obra, propuso el término “probable” que se refiere a eventos cuyo resultado es fortuito y a través de este libro, Cardano fue la primera persona que **cuantificó un suceso mediante la medida de probabilidad**.

Otro italiano que analizó y escribió respecto de la teoría de probabilidad fue Galileo, quien nació en 1564 y murió en 1642. El escrito más conocido relacionado con dicha teoría se tituló “*Sopra gli Scopertie dei Dadi*” (Sobre los descubrimientos de los Dados). En él, como en la obra de Cardano, Galileo analiza la frecuencia de diferentes combinaciones y posibles resultados al tirar los dados.

Tres personas que siguieron a Cardano y a Galileo, propusieron un método sistemático para medir la probabilidad. El primero de ellos fue Blas Pascal, el segundo Pierre de Fermat y el tercero Chevalier de Mére. Los tres fueron franceses académicos pertenecientes al siglo XVII. Fermat utilizó conceptos algebraicos, Chevalier fue intuitivo y filósofo, Pascal aplicó conceptos geométricos a la teoría de probabilidad. Cien años después de la contribución de Pascal y Fermat, el inglés Thomas Bayes aportó una nueva teoría de probabilidad, demostrando cómo tomar mejores decisiones incorporando nueva información a información anterior.

Los avances en álgebra y en cálculo diferencial e integral que se dieron en los siglos XVII y XVIII propiciaron múltiples aplicaciones en teoría de probabilidad, desde la medición de riesgos de todo tipo pero con mayor auge en riesgos de seguros e inversiones, hasta temas relacionados con medicina, física y pronóstico de las condiciones del tiempo.



En el año de 1730, Abraham de Moivre propuso la estructura de la distribución de probabilidad normal (conocida como distribución de campana) y propuso el concepto de desviación estándar. Ocho años más tarde, Daniel Bernoulli definió un proceso sistemático para la toma de decisiones, basado en probabilidades, situación que dio lugar a lo que hoy se conoce como teoría de juegos e investigación de operaciones. Los descubrimientos de Bernoulli son todavía paradigmas en el comportamiento racional de un inversionista, por ejemplo, él propuso la idea de que el grado de satisfacción que resulta de un aumento en la riqueza de una persona, es inversamente proporcional a la cantidad de bienes con que esa persona cuenta.

Ya entrados en terrenos del riesgo financiero, — Modalidad del riesgo que más ha interesado a los investigadores —. En 1875, Francis Galton descubrió el concepto de “regresión a la media” el cual se refiere a que, a pesar de las fluctuaciones en los precios que se pueden observar en los mercados organizados, y que los activos que cotizan en dichos mercados pueden estar sobrevaluados o subvaluados, siempre habrá una fuerza natural que presione los precios a su justo valor o a la “restauración de la normalidad”. Galton transformó el concepto estático de probabilidad en un concepto dinámico.

En 1952, Harry Markowitz, premio Nobel de economía, desarrolló la teoría de portafolios y el concepto de que en la medida en que se añaden activos a una cartera de inversión, el riesgo disminuye como consecuencia de la diversificación.

También propuso el concepto de covarianza y correlación, es decir, en la medida en que se tienen activos negativamente correlacionados entre sí, el riesgo de mercado de una cartera de activos, disminuye.

[³]
En el período comprendido entre 1970 al 2000, la proliferación de nuevos instrumentos financieros ha sido notable, así como el incremento en la volatilidad de las variables que afectan el precio de esos instrumentos, tales como tipos de cambio, tasas de interés, etc. En particular, destaca el desarrollo de productos derivados en este período. El desarrollo más importante probablemente se dio en 1973 con la contribución que hicieron Fisher Black y Myron Scholes al proponer la fórmula para valorar el precio de las opciones financieras.

En 1994, el banco estadounidense JP Morgan propuso en su documento técnico denominado *Riskmetrics*, el concepto de “valor en riesgo” como modelo para medir cuantitativamente los riesgos de mercado en instrumentos financieros o portafolios con varios tipos de instrumentos. El valor en riesgo (VaR) es un modelo estadístico, basado en la teoría de probabilidad.

Con la propuesta de JP Morgan, en la que se incorporan los conceptos de estadística desarrollados desde el siglo XVII, la administración de riesgos moderna



en los umbrales del siglo XXI se concibe como la adopción de un enfoque más proactivo, que transforma la manera de medir y monitorear los riesgos.

Con el tiempo, los matemáticos han transformado la teoría de probabilidad; de un instrumento aplicado al pronóstico de ganar o perder en juegos de azar, a una poderosa herramienta que involucra información de posiciones en riesgo en grandes corporaciones, para su medición y monitoreo.

Hoy en día, existe una mejor definición de riesgos, nuevos paradigmas en la medición cuantitativa de los mismos y se han diseñado nuevas estructuras organizacionales con vocación de investigación aplicada en modelos matemáticos y técnicas especializadas¹.

En adición al enfoque organizacional en las instituciones para realizar una efectiva administración de riesgos, vale la pena señalar que los avances en la tecnología han facilitado el proceso de identificación, evaluación y control de riesgos. El bajo costo de la computadora ha permitido procesar considerables volúmenes de información en un tiempo muy reducido. Esto va generando un aumento en la exigencia de la regulación cada vez más especializada con énfasis en lograr una medición de riesgos más completa, objetiva y cuantitativa en todos los ámbitos, pro principalmente en el terreno financiero y de seguridad. [¹]

En este campo la mayoría coincide en que: El riesgo es una cantidad vectorial compuesta de dos componentes. El primer componente es la probabilidad de que se dé el evento y el segundo componente es la gravedad de las consecuencias una vez que sucedió el evento. Las consecuencia pueden darse en dos sentidos; uno negativo y otro positivo, de aquí que se diga que es un producto vectorial.

Conocer la magnitud de las consecuencias resulta muchas veces complicado, debido a lo subjetivo que resulta la medida de comparación del ser humano. Por tal motivo es necesario ponerse de acuerdo en estándares de medición para estas magnitudes.

¹ De Lara Alfonso. “Medición y Control de Riesgos Financieros”. 2001, Este libro está alojado en formato electrónico y se ofrece gratuitamente en www.eumed.net/coursecon/.



III – 1 Evaluación del riesgo

La evaluación del riesgo pretende separar los diferentes tipos de riesgos en dos categorías, los riesgos aceptables y los riesgos no aceptables. La cuestión clave está en decidir qué tipo y nivel de riesgos estamos dispuestos a admitir en contrapartida a los beneficios que suponen podemos obtener.

Por tanto, para poder decidir si algún tipo de riesgo es aceptable se requiere estimar su magnitud, por lo que se hace necesario realizar un análisis sistemático lo más completo posible en todos los aspectos que implica para un determinado proyecto. Se hace inevitable analizar estos riesgos y valorar si su presencia es o no admisible; esto es lo que se denomina análisis de riesgos. Dicho en palabras formales; se trata de estimar el nivel de peligro potencial de una actividad industrial para las personas, el medio ambiente y los bienes materiales, en términos cuantificables de la magnitud del daño y de la probabilidad de ocurrencia.

Básicamente, existen dos tipos de métodos para la realización del análisis de riesgos. Si atendemos a los aspectos de cuantificación tenemos:

Métodos cualitativos: se caracterizan por no recurrir a cálculos numéricos. Pueden ser métodos comparativos y métodos generalizados.

Métodos semi-cualitativos: Se caracterizan por que introducen una valoración cuantitativa respecto a las frecuencias de ocurrencia de un determinado suceso, en este caso se denominan; métodos para la determinación de frecuencias.

O bien se caracterizan por recurrir a una clasificación de las áreas de una instalación en base a una serie de índices que cuantifican daños, en este caso se denominan; índices de riesgo.

III – 2 Métodos cualitativos.

III – 2.1 Métodos comparativos

Se basan en la utilización de técnicas obtenidas de la experiencia adquirida en equipos e instalaciones similares, así como en el análisis de sucesos que hayan ocurrido en establecimientos parecidos al que se analiza. Principalmente son cuatro los métodos existentes de este tipo:

- Manuales técnicos o códigos y normas de diseño
- Listas de comprobación o "Safety check lists"
- Análisis histórico de accidentes
- Análisis preliminar de riesgos o PHA

A continuación se describe cada uno de estos métodos.



III – 2.1.1 Manuales técnicos, códigos y normas de diseño.

Consisten en la elaboración de manuales internos de carácter técnico que especifiquen las características de diseño, instalación, operación y utilización de los equipos existentes en un determinado establecimiento. Estos manuales se deben basar en las normas y los códigos internacionales y nacionales de diseño. Para completar el análisis, se deben realizar periódicamente auditorías de seguridad que permitan juzgar el estado de los materiales, procedimientos, operaciones, emergencias que se han establecido.

Las normas y los códigos de diseño son elaboradas por organismos internacionales de reconocido prestigio en el campo de la normalización. A nivel mundial, la organización internacional más importante es la International Organization for Standardization,

En Europa, cada país ha establecido un sistema de normalización de carácter oficial o semioficial. Las más importantes son las siguientes:

- España
 - Asociación Española de Normalización y Certificación, AENOR. Elabora las normas UNE a partir de las ISO u otras.
- Alemania
 - Normas DIN. Normas VDI/VDE, Verein Deutscher Ingenieure.
- Reino Unido
 - British Standards, BS.
- En Estados Unidos de América, existen varias organizaciones gubernamentales y privadas que se dedican a la elaboración de normas:
 - American National Standards Institute, ANSI
 - American Society for Testing and Materials, ASTM
 - American Petroleum Institute, API
 - National Fire Protection Association, NFPA
 - American Society of Mechanical Engineers, ASME



III – 2.1.2 Listas de comprobación: Safety check lists.

Se utilizan para determinar la adecuación de los equipos, procedimientos, materiales, etc. a un determinado procedimiento o reglamento establecido por la propia organización industrial basado en experiencia y en los códigos de diseño y operación. Se pueden aplicar en cualquier fase de un proyecto o modificación de la planta: diseño, construcción, puesta en marcha, operación y paros.

Permite comprobar con cierto detalle la adecuación de las instalaciones y constituye una buena base de partida para complementarlas con otros métodos de identificación que tienen un alcance superior al cubierto por los reglamentos e instrucciones técnicas.

III – 2.1.3 Análisis histórico de accidentes

Consiste en el estudio de los accidentes registrados en el pasado en plantas similares o con productos idénticos o de la misma naturaleza que los que estamos analizando. La principal ventaja radica en que se refiere a accidentes que ya han ocurrido, por lo que el establecimiento de hipótesis de posibles accidentes se basa en casos reales. No obstante, en los bancos de datos existentes, no se cubren todos los casos posibles, sino sólo los que se han dado, además de que los datos de que dispone pueden no ser completos.

Se basa en diferentes tipos de informaciones:

- Bibliografía especializada
- Bancos de datos informatizados de accidentes
- Registro de accidentes/incidentes de la propia empresa
- Informes de otros accidentes ocurridos

Existen numerosos bancos de datos internacionales de accidentes, los cuales se resumen en la tabla siguiente¹:

¹Página del grupo unizar. España. Clasificación de métodos de evaluación de riesgos.
http://www.unizar.es/guiar/1/Accident/An_riesgo/An_riesgo.htm



Denominación	Período y número de casos registrados	Accidentes	Procedencia de los datos	Observaciones
OSIRIS-1	3.000 (1970-1990)	Sustancias peligrosas. Transporte de mercancías peligrosas	General	País: Italia
				Soporte: fax o disquete
				Idioma: Inglés
OSIRIS-2	2.500 (1977-1992)	Hidrocarburos	Oil Spill Intelligence Report, recopila todos los casos ocurridos en el mundo	País: Italia
				Soporte: fax o disquete
				Actualizado cada año
MHIDAS	5.330 De forma continua desde 1985. Datos desde 1966 y algunos antes de esta fecha	Sustancias peligrosas: almacenamientos, transporte y proceso, principalmente instalaciones químicas y petroquímicas	Fuentes públicas generales	País: Reino Unido
				Datos:
				1. Contacto directo
				2. Consulta on-line
				3. CD-ROM
Idioma: inglés				
FACTS	15.000 Creado en 1980, contiene datos desde 1930. La mayoría en el periodo 1960-1993	Sustancias peligrosas: almacenamientos, transporte, carga/descarga y uso	Fuentes públicas generales, informes técnicos de compañías privadas y organismos estatales	País: Holanda
				Disquete de PC
				Actualizado cada año
				Idioma: inglés
WOAD	Desde 1983, recoge datos del banco Det Norske Veritas desde 1975	Accidentes en plataformas petrolíferas	General	País: Noruega

Continua...



Denominación	Período y número de casos registrados	Accidentes	Procedencia de los datos	Observaciones
SONATA	2.500 La mayoría es del periodo 1960-1980. Resto entre 1930-1960	Sustancias peligrosas: almacenamientos, transporte, carga/descarga y uso	Fuentes públicas	País: Italia
				No se actualiza
				Idioma: inglés
MARS - MAHB	167 Desde 1984 a la actualidad	Sustancias peligrosas: almacenamientos, transporte, carga/descarga y uso	Información pública sobre los accidentes en establecimientos de los países de la Unión Europea afectados por la Directiva Seveso	Organismo: Major Hazard Accident Bureau (UE)
				Idioma: inglés

III – 2.1.4 Análisis preliminar de riesgos (APR). “*Preliminary Hazard Analysis (PHA)*”

Desarrollado inicialmente por las Fuerzas Armadas USA, fue el precursor de análisis más complejos y es utilizado únicamente en la fase de desarrollo de las instalaciones y para casos en los que no existen experiencias anteriores, sea de proceso o de la instalación.

Este método selecciona los productos peligrosos existentes y los equipos principales de la planta para poder revisar los puntos en los que se piensa que se pueda liberar energía de forma incontrolada en: materias, equipos de planta, componentes de sistemas, procesos, operaciones, instalaciones, equipos de seguridad, etc. Los resultados del análisis incluyen recomendaciones para reducir o eliminar estos peligros, siempre de forma cualitativa.

Requiere relativamente poca inversión en su realización (2 ó 3 personas con experiencia en seguridad, códigos de diseño, especificaciones de equipos y materiales), por lo que es adecuado para examinar los proyectos de modificaciones o plantas nuevas en una etapa inicial.

Se incluye una parte de un APR de un posible almacenamiento de sulfuro de hidrógeno (H₂S) para utilización en proceso²:

² Página de la Semarnat. Riesgos ambientales y estudios de riesgo:
<http://www.semarnat.gob.mx/dgmic/rpaar/aar/estudios/estudios.shtml>



Descripción del riesgo	Causa	Consecuencia	Medidas preventivas o correctivas
Fuga tóxica	1) Pérdida en depósito de almacenamiento.	Peligro de muerte si la fuga es importante	a) Colocar sistemas de detección y alerta
			b) Minimizar la cantidad almacenada
			c) Desarrollar un procedimiento de inspección de los depósitos

III – 2.2 Métodos generalizados

Los métodos generalizados de análisis de riesgos, se basan en estudios de las instalaciones y procesos mucho más estructurados desde el punto de vista lógico-deductivo que los métodos comparativos. Normalmente siguen un procedimiento lógico de deducción de fallos, errores, desviaciones en equipos, instalaciones, procesos, operaciones, etc. que trae como consecuencia la obtención de determinadas soluciones para este tipo de eventos.

Existen varios métodos generalizados. Los más importantes son:

- Análisis "What if ...?"
- Análisis funcional de operabilidad, HAZOP
- Análisis de árbol de fallos, FTA
- Análisis de árbol de sucesos, ETA
- Análisis de modo y efecto de los fallos, FMEA



III – 2.2.1 Análisis, ¿Qué pasaría si ...?. "What if ...?":

Consiste en el planteamiento de las posibles desviaciones en el diseño, construcción, modificaciones y operación de una determinada instalación industrial, utilizando la pregunta que da origen al nombre del procedimiento: "¿Qué pasaría si ...?". Requiere un conocimiento básico del sistema y cierta disposición mental para combinar o sintetizar las desviaciones posibles, por lo que normalmente es necesaria la presencia de personal con amplia experiencia para poder llevarlo a cabo.

Se puede aplicar a cualquier instalación, área o proceso: instrumentación de un equipo, seguridad eléctrica, protección contra incendios, almacenamientos, sustancias peligrosas, etc. Las preguntas se formulan y aplican tanto a proyectos como a plantas en operación, siendo muy común ante cambios en instalaciones ya existentes.

El equipo de trabajo lo forman 2 ó 3 personas especialistas en el área a analizar con documentación detallada de la planta, proceso, equipos, procedimientos, seguridad, etc.

El resultado es un listado de posibles escenarios o sucesos incidentales, sus consecuencias y las posibles soluciones para la reducción o eliminación del riesgo. Se presenta un ejemplo aplicado a un proceso continuo de fabricación de fosfato diatómico, (PAD) mediante la reacción de ácido fosfórico con amoníaco. El PAD es inocuo, sin embargo, si se reduce la proporción de fosfórico, la reacción no es completa y se desprende amoníaco, mientras que si se reduce el amoníaco, se desprende un producto seguro pero indeseable.

¿Qué pasaría si ...?	Consecuencia	Recomendaciones
¿... se suministra un producto de mala calidad?	No identificada	--
¿... la concentración de fosfórico es incorrecta?	No se consume todo el amoníaco y hay una fuga en la zona de reacción	Verificar la concentración de fosfórico antes de la operación
¿... el fosfórico está contaminado?	No identificada	--
¿... no llega fosfórico al reactor?	El amoníaco no reacciona. Fuga en la zona de reacción	Alarma/corte del amoníaco por señal de falta de flujo en la línea de fosfórico al reactor
¿... demasiado amoníaco en el reactor?	Exceso de amoníaco. Fuga en la zona de reacción	Alarma/corte del amoníaco por señal de falta de flujo en la línea de fosfórico al reactor



III – 2.2.2 Análisis por Árbol de Fallos, AAF. “*Fault tree analysis, FTA*”

El Análisis por Árboles de Fallos (AAF), es una técnica deductiva que se centra en un suceso accidental particular (accidente) y proporciona un método para determinar las causas que han producido dicho accidente. Nació en la década de los años 60 para la verificación de la fiabilidad de diseño del cohete Minuteman y ha sido ampliamente utilizado en el campo nuclear y químico. El hecho de su gran utilización se basa en que puede proporcionar resultados tanto cualitativos mediante la búsqueda de caminos críticos, como cuantitativos, en términos de probabilidad de fallos de componentes.

Para el tratamiento del problema se utiliza un modelo gráfico que muestra las distintas combinaciones de fallos de componentes y/o errores humanos cuya ocurrencia simultánea es suficiente para desembocar en un suceso accidental.

La técnica consiste en un proceso deductivo basado en las leyes del Álgebra de Boole, que permite determinar la expresión de sucesos complejos estudiados en función de los fallos básicos de los elementos que intervienen en él.

Consiste en descomponer sistemáticamente un suceso complejo (por ejemplo rotura de un depósito de almacenamiento de amoníaco) en sucesos intermedios hasta llegar a sucesos básicos, ligados normalmente a fallos de componentes, errores humanos, errores operativos, etc. Este proceso se realiza enlazando dichos tipos de sucesos mediante lo que se denomina puertas lógicas que representan los operadores del álgebra de sucesos.

Cada uno de estos aspectos se representa gráficamente durante la elaboración del árbol mediante diferentes símbolos que representan los tipos de sucesos, las puertas lógicas y las transferencias o desarrollos posteriores del árbol.

Con esta simbología, el árbol de fallos se va desarrollando, partiendo como se ha comentado de un suceso no deseado o accidental que ocupa la cúspide del árbol. A partir de este suceso, se van estableciendo de forma sistemática todas las causas inmediatas que contribuyen a su ocurrencia definiendo así los sucesos intermedios unidos mediante las puertas lógicas.

Es una metodología que se puede aplicar a sucesos relativamente complejos para los cuales intervienen muchos elementos y que se pueden descomponer en sucesos más sencillos. Requiere de uno o dos analistas con amplia experiencia y conocimiento del sistema a analizar, frecuentes consultas a técnicos, operadores y personal experimentado en el funcionamiento del sistema y la documentación necesaria consiste en diagramas de flujos, instrumentación, tuberías, junto con procedimientos de operación/mantenimiento.



III – 2.2.3 Análisis por Árboles de Sucesos, AAS. “*Event tree analysis, ETA*”.

La técnica de análisis por árboles de sucesos consiste en evaluar las consecuencias de posibles accidentes resultantes del fallo específico de un sistema, equipo, suceso o error humano, considerándose como sucesos iniciadores y/o sucesos o sistemas intermedios de mitigación, desde el punto de vista de la atenuación de las consecuencias.

Las conclusiones de los árboles de sucesos son consecuencias de accidentes, es decir, conjunto de sucesos cronológicos de fallos o errores que definen un determinado accidente.

Partiendo del suceso iniciador, se plantean sistemáticamente dos bifurcaciones: en la parte superior se refleja el éxito o la ocurrencia del suceso condicionante y en la parte inferior se representa el fallo o no ocurrencia del mismo.

El suceso iniciador puede ser cualquier desviación importante, provocada por un fallo de un equipo, error de operación o error humano. Dependiendo de las salvaguardias tecnológicas del sistema, de las circunstancias y de la reacción de los operadores, las consecuencias pueden ser muy diferentes. Por esta razón, un AAS, está recomendado para sistemas que tienen establecidos procedimientos de seguridad y emergencia para responder a sucesos iniciadores específicos.

Posteriormente a este análisis cualitativo, la estimación de la magnitud de cada suceso requiere de un análisis de consecuencias mediante modelos de cálculo adecuados, capaces de estimar los efectos del suceso contemplado.

El método se puede usar además para estimar las probabilidades de ocurrencia del suceso final, asignando valores de probabilidad al suceso incidental y valores sucesivos de probabilidad para cada acción enumerada en el árbol.

III – 2.2.4 Análisis de los Modos de Fallo y Efectos, AMFE. “*Failure Modes and Effects Analysis, FMEA*”

El método consiste en la elaboración de tablas o listas con los posibles fallos de componentes individuales, los modos de fallo, la detección y los efectos de cada fallo.

Un fallo se puede identificar como una función anormal de un componente, una función fuera del rango del componente, función prematura, etc. Los fallos que se pueden considerar son típicamente situaciones de anomalía tales como:

- Abierto, cuando normalmente debería estar cerrado



- Cerrado, cuando normalmente debería estar abierto
- Marcha, cuando normalmente debería estar parado
- Fugas, cuando normalmente deba ser estanco

Los efectos son el resultado de la consideración de cada uno de los fallos identificados individualmente sobre el conjunto de los sistemas de la planta o instalación.

El método FMEA establece finalmente qué fallos individuales pueden afectar directamente o contribuir de una forma destacada al desarrollo de accidentes de una cierta importancia en la planta.

Es un método válido en las etapas de diseño, construcción y operación y se usa habitualmente como fase previa a la elaboración de árboles de fallos, ya que permite un buen conocimiento del sistema. Con ciertas limitaciones se puede usar como método alternativo al HAZOP.

El equipo necesario suele ser de dos personas perfectamente conocedoras de las funciones de cada equipo o sistema así como de la influencia de estas funciones en el resto de la línea de proceso. Es necesario para la correcta ejecución del método disponer de listas de equipos y sistemas, conocimiento de las funciones de cada equipo, junto al conocimiento de las funciones de los sistemas en su conjunto dentro de la planta.

Es posible incluir en la última columna de la tabla de trabajo lo que se denomina índice de gravedad, que representa mediante una escala del 1 al 4 un valor que describe la gravedad de los posibles efectos detectados. El valor 1 representaría un suceso sin efectos adversos; el 2 efectos que no requieren parada del sistema; el 3 riesgos de cierta importancia que requieran parada normal y el 4 peligro inmediato para el personal e instalaciones, por lo que se requiere parada de emergencia. En este caso, el análisis se denomina Análisis del Modo de Fallos, Efectos y Criticidad, FMECA (AMFEC).



En la tabla de abajo se presenta un ejemplo de formulario de trabajo para el análisis FMECA aplicado a un sistema de descarga de cisternas para tanques³.

Fecha:			Página:		De:
Planta:			Analista:		
Sistema:			Referencia:		
Identificación del elemento	Designación	Modo de fallo	Detección	Efectos	Índice de gravedad
1	Manguera flexible	Agujereada	Visual	Derrame ¿incendio?	4
		Taponada-aplastada	Visual	Falta o reducción de caudal	2
		Tipo equivocado	Visual (marcas)	Corrosión, rotura o contaminación	3

III – 2.2.5 HazOp.

Este método es una técnica de identificación de riesgos inductiva basada en la premisa de que los riesgos, los accidentes o los problemas de operabilidad, se producen como consecuencia de una desviación de las variables de proceso con respecto a los parámetros normales de operación en un sistema dado y en una etapa determinada. Por tanto, ya sea que se aplique en la etapa de diseño, como en la etapa de operación, el método consiste en evaluar, en todas las líneas y en todos los sistemas las consecuencias de posibles desviaciones en todas las unidades de proceso, tanto si es continuo como discontinuo. La técnica consiste en analizar sistemáticamente las causas y las consecuencias de unas desviaciones de las variables de proceso, planteadas a través de unas "palabras guía".

El método surgió en 1963 en la compañía Imperial Chemical Industries, ICI, que utilizaba técnicas de análisis crítico en otras áreas. Posteriormente, se generalizó y formalizó, y actualmente es una de las herramientas más utilizadas internacionalmente en la identificación de riesgos en una instalación industrial.

La realización de un análisis HAZOP consta de las etapas que se describen a continuación.

³ Página del grupo unizar. España. Clasificación de métodos de evaluación de riesgos.
http://www.unizar.es/guiar/1/Accident/An_riesgo/An_riesgo.htm



Definición del área de estudio

Consiste en delimitar las áreas a las cuales se aplica la técnica. En una determinada instalación de proceso, considerada como el área objeto de estudio, se definirán para mayor comodidad una serie de subsistemas o líneas de proceso que corresponden a entidades funcionales propias: línea de carga a un depósito, separación de disolventes, reactores, etc.

Definición de los nodos

En cada uno de estos subsistemas o líneas se deberán identificar una serie de nodos o puntos claramente localizados en el proceso. Por ejemplo, tubería de alimentación de una materia prima a un reactor, impulsión de una bomba, depósito de almacenamiento, etc.

Cada nudo deberá ser identificado y numerado correlativamente dentro de cada subsistema y en el sentido del proceso para mejor comprensión y comodidad. La técnica HAZOP se aplica a cada uno de estos puntos. Cada nudo vendrá caracterizado por variables de proceso: presión, temperatura, caudal, nivel, composición, viscosidad, etc.

La facilidad de utilización de esta técnica requiere reflejar en esquemas simplificados de diagramas de flujo todos los subsistemas considerados y su posición exacta.

El documento que actúa como soporte principal del método es el diagrama de flujo de proceso, o de tuberías e instrumentos, P&ID.

Aplicación de las palabras guía

Las "palabras guía" se utilizan para indicar el concepto que representan a cada uno de los nodos definidos anteriormente que entran o salen de un elemento determinado. Se aplican tanto a acciones (reacciones, transferencias, etc.) como a parámetros específicos (presión, caudal, temperatura, etc.). La tabla de abajo presenta algunas palabras guía y su significado.



Palabra guía	Significado	Ejemplo de desviación	Ejemplo de causas
NO	Ausencia de la variable a la cual se aplica	No hay flujo en una línea	Bloqueo; fallo de bombeo; válvula cerrada o atascada; fuga; válvula abierta; fallo de control
MÁS	Aumento cuantitativo de una variable	Más flujo (más caudal)	Presión de descarga reducida; succión presurizada; controlador saturado; fuga; lectura errónea de instrumentos
		Más temperatura	Fuegos exteriores; bloqueo; puntos calientes; explosión en reactor; reacción descontrolada
MENOS	Disminución cuantitativa de una variable	Menos caudal	Fallo de bombeo; fuga; bloqueo parcial; sedimentos en línea; falta de carga; bloqueo de válvulas
		Menos temperatura	Pérdidas de calor; vaporización; venteo bloqueado; fallo de sellado
INVERSO	Analiza la inversión en el sentido de la variable. Se obtiene el efecto contrario al que se pretende	Flujo inverso	Fallo de bomba; sifón hacia atrás; inversión de bombeo; válvula check que falla o está insertada en la tubería de forma incorrecta
ADEMÁS DE	Aumento cualitativo. Se obtiene algo más que las intenciones del diseño	Impurezas o una fase extraordinaria	Entrada de contaminantes del exterior como aire, agua o aceites; productos de corrosión; fallo de aislamiento; presencia de materiales por fugas interiores; fallos de la puesta en marcha
PARTE DE	Disminución cualitativa. Parte de lo que debería ocurrir sucede según lo previsto	Disminución de la composición en una mezcla	Concentración demasiado baja en la mezcla; reacciones adicionales; cambio en la alimentación
DIFERENTE DE	Actividades distintas respecto a la operación normal	Cualquier actividad	Puesta en marcha y parada; pruebas e inspecciones; muestreo; mantenimiento; activación del catalizador; eliminación de tapones; corrosión; fallo de energía; emisiones indeseadas, etc.



Definición de las desviaciones a estudiar

Para cada nodo se plantea de forma sistemática todas las desviaciones que implican la aplicación de cada palabra guía a una determinada variable o actividad. Para realizar un análisis exhaustivo, se deben aplicar todas las combinaciones posibles entre palabra guía y variable de proceso, descartándose durante la sesión las desviaciones que no tengan sentido para un nudo determinado.

Paralelamente a las desviaciones se deben indicar las causas posibles de estas desviaciones y posteriormente las consecuencias de estas desviaciones.

En la tabla anterior se presentan algunos ejemplos de aplicación de palabras guía, las desviaciones que originan y sus causas posibles.

Sesiones HAZOP

Las sesiones HAZOP tienen como objetivo la realización sistemática del proceso descrito anteriormente, analizando las desviaciones en todas las líneas o nodos seleccionados a partir de las palabras guía aplicadas a determinadas variables o procesos. Se determinan las posibles causas, las posibles consecuencias, las respuestas que se proponen, así como las acciones a tomar.

Toda esta información se presenta en forma de tabla que sistematiza la entrada de datos y el análisis posterior. A continuación se presenta el formato de captura del HAZOP aplicado a un proceso continuo.

Planta:								
Sistema:								
Nodo	Palabra guía	Desviación de la variable	Posibles causas	Consecuencias	Respuesta	Señalización	Acciones a tomar	Comentarios



El significado del contenido de cada una de las columnas es el siguiente:

Columna	Contenido
Posibles causas	Describe numerándolas las distintas causas que pueden conducir a la desviación
Consecuencias	Para cada una de las causas planteadas, se indican con la consiguiente correspondencia en la numeración las consecuencias asociadas
Respuesta del sistema	Se indicará en este caso:
	<ol style="list-style-type: none">1. Los mecanismos de detección de la desviación planteada según causas o consecuencias: por ejemplo, alarmas2. Los automatismos capaces de responder a la desviación planteada según las causas: por ejemplo, lazo de control
Acciones a tomar	Propuesta preliminar de modificaciones a la instalación en vista de la gravedad de la consecuencia identificada o a una desprotección flagrante de la instalación
Comentarios	Observaciones que complementan o apoyan algunos de los elementos reflejados en las columnas anteriores

En el caso de procesos discontinuos, el método HAZOP sufre alguna modificación, tanto en su análisis como en la presentación de los datos finales.

Las sesiones HAZOP se llevan a cabo por un equipo de trabajo multidisciplinario cuya composición se describe con detalle más abajo en el apartado de recursos necesarios.

Como resumen del procedimiento, se presenta el esquema siguiente aplicado a procesos continuos extraído de la NTP-238 del Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo:



Informe final

El informe final consta de los siguientes documentos:

- Esquemas simplificados con la situación y numeración de los nodos de cada subsistema.
- Formatos de recogida de las sesiones con indicación de las fechas de realización y composición del equipo de trabajo.
- Análisis de los resultados obtenidos. Se puede llevar a cabo una clasificación cualitativa de las consecuencias identificadas.
- Listado de las medidas a tomar. Constituye una lista preliminar que debería ser debidamente estudiada en función de otros criterios (coste, otras soluciones técnicas, consecuencias en la instalación, etc.) y cuando se disponga de más elementos de decisión.
- Lista de los sucesos iniciadores identificados.

Ámbito de aplicación

La mayor utilidad del método se realiza en instalaciones de proceso de relativa complejidad o en áreas de almacenamiento con equipos de regulación o diversidad de tipos de trasiego. Es uno de los métodos más utilizados que depende en gran medida de la habilidad y experiencia de los miembros del equipo de trabajo para identificar todos los riesgos posibles.

En plantas nuevas o en fase de diseño, puede ayudar en gran medida a resolver problemas no detectados inicialmente. Además, las modificaciones que puedan surgir como consecuencia del estudio pueden ser más fácilmente incorporadas al diseño. Por otra parte, también puede aplicarse en la fase de operación y en particular ante posibles modificaciones.

Recursos necesarios

El grupo de trabajo estable estará constituido por un mínimo de cuatro personas y por un máximo de siete. Podrá invitarse a asistir a determinadas sesiones a otros especialistas.

Se designará a un coordinador/director del grupo, experto en HAZOP, y que podrá ser el técnico de seguridad, y no necesariamente una persona vinculada al proceso. Aunque no es imprescindible que lo conozca en profundidad, si debe estar familiarizado con la ingeniería de proceso en general.



Funciones del coordinador/director del grupo

- Recoger la información escrita necesaria de apoyo.
- Planificar el estudio.
- Organizar las sesiones de trabajo.
- Dirigir los debates, procurando que nadie quede en un segundo término o supeditado a opiniones de otros.
- Cuidar que se aplica correctamente la metodología, dentro de los objetivos establecidos, evitando la tendencia innata de proponer soluciones aparentes a problemas sin haberlos analizado suficientemente.
- Recoger los resultados para su presentación.
- Efectuar el seguimiento de aquellas cuestiones surgidas del análisis y que requieren estudios adicionales al margen del grupo.
- El grupo debe incluir a personas con un buen conocimiento y experiencia en las diferentes áreas que confluyen en el diseño y explotación de la planta.

Una posible composición del grupo podría ser la siguiente:

- Conductor/director del grupo - Técnico de seguridad.
- Ingeniero de proceso - Ingeniero del proyecto.
- Químico - investigador (si se trata de un proceso químico nuevo o complejo).
- Ingeniero de instrumentación.
- Supervisor de mantenimiento.
- Supervisor de producción.
- Soportes informáticos



Se han desarrollado una serie de códigos informáticos que permiten sistematizar el análisis y registrar las sesiones de HAZOP de forma directa. Entre ellos se pueden citar los siguientes:

- Programa de Du Pont, desarrollado por la compañía Du Pont de Nemours
- HAZSEC, compañía técnica
- HAZOP, de ITSEMAP
- PHAWORKS V1, análisis, preparación de informes de Primatech, USA
- DDM-HAZOP, análisis y preparación de informes de Dyadem, Canadá
- HAZTRAC, compañía técnica

Ventajas e inconvenientes del método

El método, principalmente cubre los objetivos para los que se ha diseñado, y además:

- Es una buena ocasión para contrastar distintos puntos de vista de una instalación.
- Es una técnica sistemática que puede crear, desde el punto de vista de la seguridad, hábitos metodológicos útiles.
- El coordinador mejora su conocimiento del proceso.
- No requiere prácticamente recursos adicionales, con excepción del tiempo de dedicación.



Los principales inconvenientes, son:

- Al ser una técnica cualitativa, aunque sistemática, no hay una valoración real de la frecuencia de las causas que producen una determinada consecuencia, ni tampoco el alcance de la misma.
- Las modificaciones que haya que realizar en una determinada instalación como consecuencia de un HAZOP, deben analizarse con mayor detalle además de otros criterios, como los económicos.
- Los resultados que se obtienen dependen en gran medida de la calidad y capacidad de los miembros del equipo de trabajo.
- Depende mucho de la información disponible, hasta tal punto que puede omitirse un riesgo si los datos de partida son erróneos o incompletos.

Ejemplo

El ejemplo se aplica a una parte de una instalación en una planta de dimerización de olefinas. El diagrama de flujo sobre el que se aplica el AFO consiste en el suministro de hidrocarburo a un depósito de almacenamiento. Forma parte de un subsistema mayor que consiste en la alimentación del hidrocarburo del depósito regulador hasta un reactor de dimerización donde se produce la oleofina.



El formato de la tabla de recogida de datos y análisis HAZOP de una sesión aplicado a la palabra guía NO y a la perturbación NO FLUJO, sería como sigue:

ANÁLISIS DE OPERABILIDAD EN PLANTA DE DIMERIZACIÓN DE OLEFINA				
Línea comprendida entre alimentación desde tanque intermedio a depósito regulador				
Palabra guía	Desviación	Causas posibles	Consecuencias	Medidas a tomar
NO	No flujo	1. Inexistencia de hidrocarburo en tanque intermedio	Paralización del proceso de reacción esperado.	a) Asegurar buena comunicación con el operario del tanque intermedio
			Formación de polímero en el intercambiador de calor	b) Instalar alarma de nivel mínimo LIC en depósito regulador
		2. Bomba J1 falla (fallo de motor, circuito de maniobra, etc.)	Como apartado 1	Cubierto por b)
			Como apartado 1	Cubierto por b)
		3. Conducción bloqueada, válvula cerrada por error o LCV falla cerrando paso al fluido	Bomba J1 sobrecargada	c) Instalar sistema de desconexión automática para protección de bombas
				d) Verificar el diseño de los filtros de las bombas J1
		4. Rotura de conducción	Como apartado 1	Cubierto por b)
			Hidrocarburo descargado en área adyacente a vía pública	e) Implantar inspección regular de la conducción mediante rondas periódicas

Posteriormente se aplicarían otras palabras guía a otras variables del sistema.



III – 3 Métodos semi-cualitativos

Los índices de riesgo son métodos de evaluación de peligros semicuantitativos directos y relativamente simples que dan como resultado una clasificación relativa del riesgo asociado a un establecimiento industrial o a partes del mismo. No se utilizan para estimar riesgos individuales, sino que proporcionan valores numéricos que permiten identificar áreas o instalaciones de un establecimiento industrial en las que existe un riesgo potencial y valora su nivel de riesgo. Sobre estas áreas o instalaciones, puede realizarse posteriormente un análisis más detallado del riesgo mediante otros métodos generalizados.

Los métodos desarrollados de mayor difusión a nivel internacional son dos:

- Índice de Dow de incendio y explosión
- Índice de Mond

Ambos métodos se basan en la asignación de penalizaciones y/o bonificaciones a las instalaciones de un determinado establecimiento. Las penalizaciones se asignan en función de las sustancias peligrosas presentes y de las condiciones de proceso. Las bonificaciones tienen en cuenta los elementos de seguridad instalados para prevenir los efectos de posibles accidentes. La combinación de ambas lleva a la determinación de un índice de una instalación, pudiendo examinar, a la vista de estos índices, la importancia relativa de las partes estudiadas en función del riesgo asociado con ellas.

3.3.1 Índice de Dow de incendio y explosión

Es un método desarrollado inicialmente por la compañía Dow Chemical en los años 60 con la denominación de Dow's Fire & Explosion Index que se ha ido perfeccionando con los años en ediciones sucesivas incorporando nuevos procesos de análisis.

El método se desarrolla siguiendo una serie de etapas:

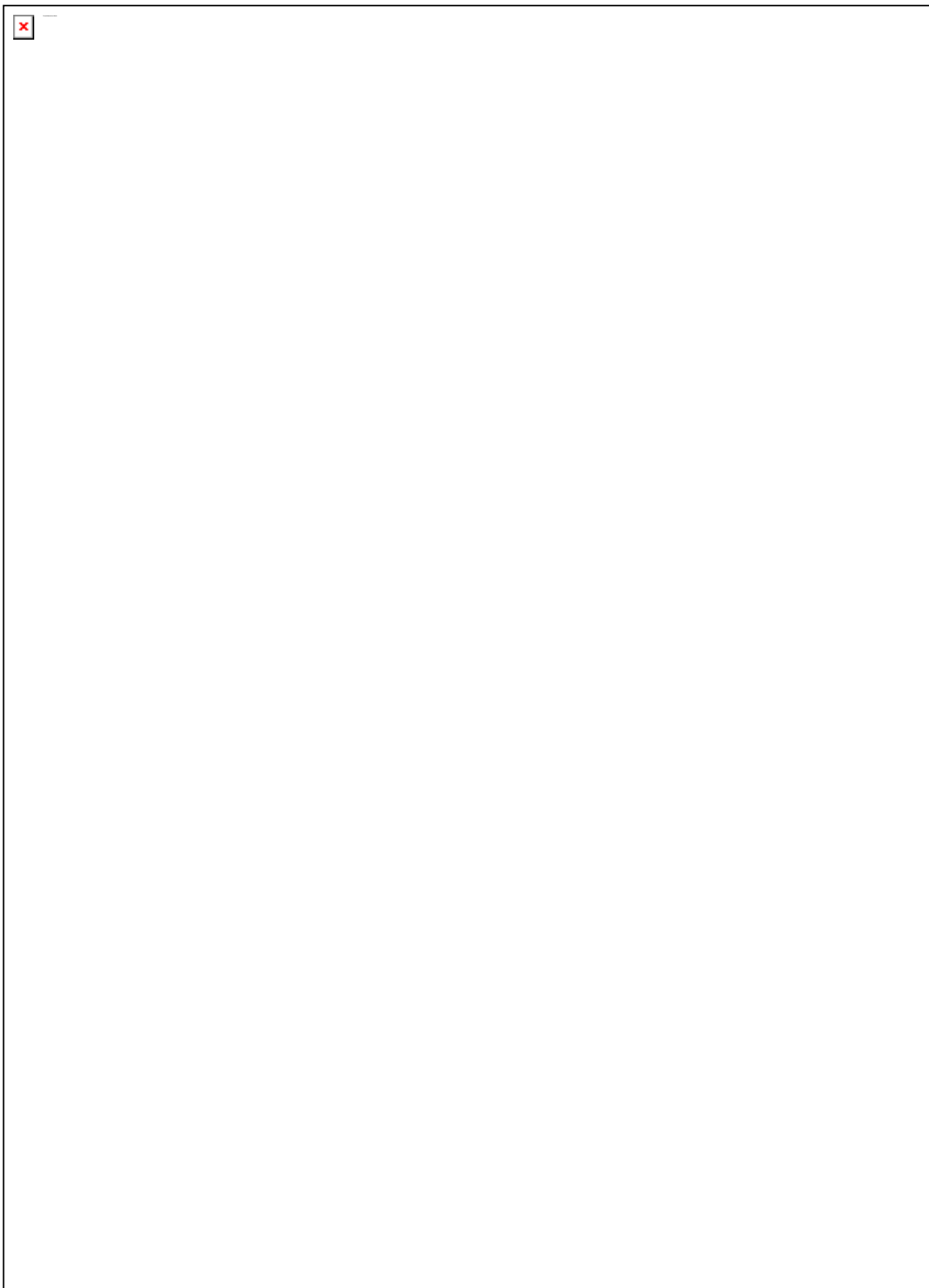
- Dividir la planta en estudio en unidades de proceso para las que se determina su índice de incendio y explosión, IIE.
- Determinar un factor material FM para cada unidad de proceso.
- Evaluar los factores de riesgo, considerando las condiciones generales de proceso (reacciones, transporte, accesos, etc.), denominadas F1, y los riesgos específicos del proceso/producto peligroso, denominados F2.



- Calcular un factor de riesgo, F3, y un factor de daño, FD, para cada unidad de proceso.
- Determinar los índices de incendio y explosión, IIE, y el área de exposición, AE, para cada unidad de proceso seleccionada.
- Calcular el valor de sustitución, VS, del equipo en el área de exposición.
- Calcular el daño máximo probable a la propiedad, MPPD (Maximum probable property damage), tanto básico como real, por consideración de los factores de bonificación, FB y FBE.
- Determinar los máximos días de interrupción, MPDO (Maximum probable days outage), y los costes por paralización de la actividad, BI (Business interruption), en estos días.

En la imagen que sigue, se presenta el procedimiento de cálculo extraído del DOW's Fire & Explosion Hazard Classification Guide⁴.

⁴ Página del grupo unizar. España. Clasificación de métodos de evaluación de riesgos.
http://www.unizar.es/guiar/1/Accident/An_riesgo/An_riesgo.htm





III – 3.1.1 Factor material

Da una idea de la medida de la intensidad de liberación de energía de una sustancia o preparado. Toma valores entre 1 y 40 y existen valores para más de 300 sustancias usadas habitualmente en la industria. También establece la posibilidad de calcularlo a partir de unas determinadas propiedades físico-químicas de la sustancia.

3.3.1.2 Factores de riesgo

Tienen en cuenta las especiales condiciones del proceso que pueden modificar el riesgo de las instalaciones estudiadas. Hay que tener en cuenta tres tipos de factores de riesgo:

Factores generales del proceso, F1: reacciones exotérmicas, endotérmicas, transferencias de producto, condiciones de ventilación, etc.

Factores especiales, F2: toxicidad de las sustancias, considerada como complicación adicional, operaciones a presiones inferiores a la atmosférica, bajas temperaturas, corrosiones, etc.

Factor de riesgo, F3: calculado a partir de los anteriores $F3 = F1 \cdot F2$.
Índice de incendio y explosión, IIE

Se calcula mediante la siguiente expresión:

$$IIE = FM \cdot F3$$

El método determina según este índice el área de exposición, AE, que representaría o daría una idea de la parte afectada por un incendio o explosión generada en la unidad de proceso estudiada.

Paralelamente, se determinarían las sucesivas variables: valor de sustitución (VS), el factor de daño (FD) y el máximo daño probable a la propiedad (MPDD).

3.3.1.3 Factores de bonificación

Son aquellos factores que protegen a la instalación mediante medidas de protección, sistemas de emergencia, etc. lo que hace disminuir el máximo daño probable a la propiedad. Los principales factores de bonificación pueden ser:

Controles de proceso: sistemas de refrigeración, control de explosiones, paros de emergencia, energía de emergencia, programas de mantenimiento, etc.



Aislamiento material: válvulas de control remoto, frenajes, enclavamientos, depósitos para vertidos de emergencia, cubetos, etc.

Protección contra el fuego: detectores, protección de estructuras, rociadores, cortinas, tanques de doble pared, sistema especiales de extinción, etc.

Se calcula el factor de bonificación a partir de estos tres factores anteriores y se obtiene el daño máximo probable real a la propiedad:

$$\text{MPDD (real)} = \text{MPDD} \cdot \text{FBE}$$

A partir de este resultado, se calcula tanto el número de días de interrupción de la actividad, como el coste asociado a la interrupción industrial.

El método Dow se emplea principalmente como procedimiento de clasificación previa en grandes instalaciones o complejos (refinerías, complejos petroquímicos) para identificar las áreas con mayor riesgo potencial a las que se deben aplicar otro tipo de técnicas de identificación y cuantificación de riesgos.

Se requiere de informaciones muy detalladas de la unidad a estudiar: planos, diagramas de flujo, diagramas de tuberías e instrumentación (P&ID), hojas de especificaciones de equipos y principalmente la guía de cálculo correspondiente (la última edición es la séptima del año 1994).

III – 3.2 Índice de Mond

Método desarrollado inicialmente en la Imperial Chemical Industries PLC (ICI) a partir del índice de Dow. La principal diferencia con el anterior es que el índice de Mond introduce la toxicidad de las sustancias presentes, y este parámetro se introduce como factor independiente, considerando los efectos de las sustancias tóxicas por contacto cutáneo, inhalación o ingestión.

Para su aplicación se recomienda consultar la guía del ICI, teniendo en cuenta que en general es más detallado que el Dow, tiene en cuenta mayor número de parámetros de riesgo y bonificaciones y además facilita una clasificación de unidades en función del riesgo.

Naturalmente, este método se seleccionará siempre que en la instalación se presenten sustancias tóxicas en cantidades apreciables.



Algunas de las definiciones dadas por los principales autores de administración son las siguientes:

- E. F. L. Brech. “Es un proceso social que lleva consigo la responsabilidad de plantear y regular en forma eficiente las operaciones de una empresa, para lograr un propósito dado.”
- H. Farol. “Administrar es prever, organizar, mandar, coordinar y controlar.”
- J. A. Fernández Arena. “Es una ciencia social que persigue la satisfacción de objetivos institucionales por medio de una estructura y a través del esfuerzo humano coordinado.”
- W. Jiménez Castro. “Es una ciencia compuesta de principios, técnicas y prácticas cuya aplicación a conjuntos humanos permite establecer sistemas racionales de esfuerzos cooperativo, a través de los cuales se pueden alcanzar propósitos comunes que individualmente no se pueden lograr.”
- Koontz y O’Donnell. “La dirección de un organismo social, y su efectividad en alcanzar sus objetivos, fundada en la habilidad de conducir a sus integrantes.”
- J. D. Money. “Es el arte o técnica de dirigir e inspirar a los demás, con bases en un profundo y claro conocimiento de la naturaleza humana.”
- Peterson y Plowman. “Una técnica por medio de la cual se determinan, clasifican y realizan los propósitos y objetivos de un grupo humano particular.”
- F. Tannenbaum. “El empleo de la autoridad para organizar, dirigir y controlar subordinados responsables, con el fin de que todos los servicios que se presentan sean debidamente coordinados en el logro del fin de la empresa.”
- G. P. Ferry. “Consiste en lograr un objetivo predeterminado mediante el esfuerzo ajeno.”



Algoritmo; s. m. MAT. FAM. Algorítmico. Guarismo. Proceso ordenado de cálculo que permite llegar a un resultado final.

Certudimbre; sino. CERTEZA, s. f. Conocimiento seguro, claro y evidente de las cosas. FAM. Incertidumbre. CIERTO, TA.

Conjunto Borroso; m. MAT. Conjunto es la totalidad de los entes matemáticos que tienen una propiedad común. Conjunto borroso es el que pertenece a la lógica borrosa.

Connivencia; adj. desus. Complicidad, Conspiración, Contubernio, Amaño.

Cuantificación; Acc. CUANTIFICAR. Determinación numérica sobre la cantidad de algo.

Dicotomía; f. División en dos partes.

Difuso; adj. Vago, impreciso. Difundido, disperso, extendido, de límites poco precisos.

Disímbolo; adj. desus. Disímil, diferente, disconforme.

Incertidumbre; s. f. Falta de certeza o seguridad. FAM. CERTEZA. Situación de conocimiento o de información imperfecta e incompleta en que se debe tomar una decisión respecto al entorno y existen varios desenlaces posibles.

Intrínseco; adj. Íntimo, esencial. Situado dentro de una parte o perteneciente exclusivamente a ella.

Licitación; es el procedimiento administrativo por medio del cual la administración selecciona sus proveedores, sus contratistas para obras o servicios, o finalmente enajena bienes (la selección se realiza considerando las condiciones técnicas y económicas más ventajosas para el licitante) ¹.

Licitante; es la persona moral o física que basada en una necesidad real convoca la participación de varios especialistas dentro de un concurso para elegir al mejor ofertante de servicios, en base a una serie de lineamientos llamados bases de licitación.

Lógica; f. Ciencia que expone las leyes, modos y formas del conocimiento científico. La lógica matemática opera utilizando un lenguaje simbólico artificial y haciendo abstracción de los contenidos.

¹ José Pedro López Elías. ASPECTOS JURÍDICOS DE LA LICITACIÓN PÚBLICA EN MÉXICO. Universidad Nacional Autónoma de México, México D. F. 1999



Lógica difusa; f. La lógica que admite una cierta incertidumbre entre la verdad o falsedad de sus proposiciones, a semejanza del raciocinio humano. También llamada lógica borrosa y dispersa.

En la lógica clásica una proposición sólo admite dos valores: puede ser verdadera o falsa. Por eso se dice que la lógica usual es binaria. Pero existen otras lógicas que admiten además un tercer valor: posible. La lógica difusa es una de ellas, que se caracteriza por querer cuantificar esta incertidumbre: Si P es una proposición, se le puede asociar un número $v(P)$ en el intervalo $[0 ; 1]$ tal que: Salta a la vista la semejanza con la teoría de las probabilidades.

Metódico; adj. Hecho con método, se dice de alguien que usa métodos de forma administrada para realizar una tarea.

Metodología; adj. Parte de la lógica que estudia los métodos. Se divide en dos partes: la sistemática, que fija las normas de la definición, de la división, de la clasificación y de la prueba, y la inventiva, que fija las normas de los métodos de investigación propios de cada ciencia. Es la forma sistemática de hacer una cosa.

Modelo matemático; Un modelo matemático es un esquema, una ecuación, un diagrama o una teoría que simplifica una parte difícil de las matemáticas, haciendo más fácil su comprensión y que engloba de manera general muchos aspectos diferentes.

Peligro; m. Contingencia inminente de que suceda algún mal. Lugar, paso, obstáculo o situación en que aumenta la inminencia del daño.

Postulado; m. Proposición cuya verdad se admite sin pruebas y que es necesaria para servir de base en ulteriores razonamientos. m. GEOM. Supuesto que se establece para fundar una demostración.

Probabilidad; f. MAT. En un proceso aleatorio, razón entre el número de casos favorables y el número de casos posibles.

Posibilidad; f. Aptitud, potencia u ocasión para ser o existir algo. Aptitud o facultad para hacer o no hacer algo.

Riesgo; m. Contingencia o proximidad de un daño.

ULPGC: Siglas de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, Universidad Pública Española.

Vaguedad; f. Cualidad de vago, vacío. Sin firmeza ni consistencia.



LIBROS.

Baca Urbina, Gabriel. Evaluación de proyectos. Análisis y administración del riesgo. Ed. Mc Graw – Hill, cuarta edición. México. pp. 373, 2001.

Buckley. Fuzzy PERT: Applications of Fuzzy Set Methodologies in Industrial Engineering (Evans G.W., Karwowski, W, and Wilhem, M.R.), Elseiver, Amsterdam (1989).

Carr, V. y Tah, J. H. M., A Fuzzy Approach to Construction Project Risk Assessment and Analysis: Construction Project Risk Management System, Advances in Engineering Software, Vol. 32, Issues 10-11, Oct-Nov (2001), pp. 847-857.

Chanas, S. y Kamburowski, J., The Use of Fuzzy Variables in PERT, Fuzzy Sets and Systems, 5, (1981), pp. 11-19.

Earl Cox. The Fuzzy Systems Handbook: A Practitioner's Guide to Building, Using, and Maintaining Fuzzy Systems. Ed. AP Professional, Second edition, pp 3 –79, 2002.

Jean – Loup Chappelet et Jean – Jacques Snella. Un langage pour l'organization. Ed. Presses Polytechniques Et Universitaires Romandes. 1997.

Kosko. Neural networks and Fuzzy Systems. Ed. Prent – Hall, 1992.

Martín del Brío Bonifacio, et. al. Redes neuronales y sistemas difusos. Ed. Alfaomega, segunda edición, pp 243 – 345, 2005. Zaragoza, España.

Modarres, Mohammad, et. al. Reliability engineering and risk analysis. Ed. M. Dekker. New York. pp. 542, 1999.

Project Management Institute. PROJECT MANAGEMENT BODY OF KNOWLEDGE (PMBOK Guide), 2002.

Rao V Kolluru, et. al. Risk assessment and management handbook for environmental, health and safety professionals. Ed. Mc Graw – Hill, New York, 1996.

Ted Klastorin. Administración de proyectos. Ed. Alfaomega, México, Septiembre del 2005.



ARTÍCULOS.

Correa Henao, Gabriel Jaime, et. al. Evaluación de oportunidades de inversión de pequeños capitales mediante el uso de metodologías difusas. Publicación del Grupo de Investigación en Sistemas e Informática. Universidad Nacional de Colombia, Calle 59A # 63-20, Medellín, Colombia. Diciembre 2003. págs. 2 – 11.

Dorota Kuchta. Use of fuzzy numbers in project risk (criticality) assessment. International Journal of Project Management. No. 19, 2001. 305 – 310.

Jerry M. Mendel, Fellow, IEEE, y George C. Mouzouris. Designing Fuzzy Logic Systems. IEEE Transactions On Circuits And Systems—II: Analog And Digital Signal Processing, Vol. 44, No. 11, Noviembre 1997. 885 – 895.

Morales Luna, Guillermo. Introducción a la lógica difusa. Centro de Investigación y Estudios Avanzados del IPN (CINVESTAV-IPN) 7 de febrero de 2002, 12 pp.

TESIS.

Garduza Madrigal Samara. PROPUESTA DE UNA METODOLOGIA PARA UN SISTEMA DE ADMINISTRACION DE RIESGOS DE PROYECTOS INDUSTRIALES, Tesis de Maestría, UNAM, México, 2004.

Rangel P. Alejandro. METODOLOGIA Y ESTRATEGIAS PARA ELABORAR PROPUESTA EXITOSAS EN PROYECTOS IPC, Tesis de Maestría, UNAM, México, 2003.

Téllez Schmill Rodolfo. APLICACIÓN DE TÉCNICAS DE TOMA DE DECISIÓN DIFUSA PARA LA SELECCIÓN DE PROVEEDORES Y SUBCONTRATISTAS DE UN PROYECTO, Tesis de Maestría, UNAM, México, 2004.



PÁGINAS DE INTERNET.

BISC: The Berkeley Initiative in Soft Computing: <http://www-isc.cs.berkeley.edu/>

EUSFLAT: European Society for Fuzzy Logic and Technology:
<http://www.eusflat.org/>

IFSA: International Fuzzy Systems Association: <http://www.abo.fi/~rfuller/fsal.html>

Instituto Nacional de Ecología (INE) Métodos para evaluar riesgos de accidentes.
http://www.ine.gob.mx/ueajei/publicaciones/libros/132/evaluacion.html?id_pub=132

Libros especializados en línea. Eumed. Riesgos económicos y financieros.
<http://www.eumed.net/cursecon/libreria/2004/jadv/1a.htm>

M. Romero Schmidtke. Lógica Difusa. Definición y subconjuntos difusos.
http://es.wikipedia.org/wiki/Subconjunto_difuso

Página de la revista Ciencia Al Día. Vol. 3. No. 3. Artículo 6. Modelos matemáticos.
<http://www.ciencia.cl/CienciaAlDia/volumen3/numero3/articulos/articulo6.html>

Página de la Semarnat. Riesgos ambientales y estudios de riesgo:
<http://www.semarnat.gob.mx/dgmic/rpaar/aar/estudios/estudios.shtml>

Página del grupo unizar, España. Clasificación de métodos de evaluación de riesgos.
http://www.unizar.es/guiar/1/Accident/An_riesgo/An_riesgo.htm

Secretaría del trabajo y previsión social (STPS). Lineamientos de la estrategia general de riesgos profesionales.
http://www.stps.gob.mx/312/revista/2000_1/estrategia.htm