

Estimación de la Contingencia Estocástica del CAPEX mediante la Simulación de Montecarlo

Miguel Á. Torralba Evaristo

mtorralba@cesel.com.pe, miguel.torralba@gmail.com



Contenido de la Presentación

1. Conociendo a CESEL Ingenieros
2. Introducción
3. Definiciones
4. Metodología
5. Aplicación a un proyecto de C. Hidráulica
6. Resultados
7. Conclusiones
8. Investigaciones complementarias
9. Referencias bibliográficas

10 de Noviembre del 2010

2

CESEL
INGENIEROS



1.- Conociendo a CESEL Ingenieros

- Empresa peruana con amplia presencia en la Ingeniería de Consulta, a través de 38 años de aporte y logros en estudios, diseño, supervisión y gerencia de proyectos a nivel nacional e internacional.
- CESEL ofrece servicios como estudios de pre inversión, ingeniería básica y de detalle, licitación de obras, supervisión de obras. Para mayor detalle nos pueden visitar a la siguiente página web: **WWW.CESEL.COM.PE**.
- La sede central de CESEL se ubica en Lima, además cuenta con sucursales en Guatemala, Paraguay y Ecuador.



10 de Noviembre del 2010

3

CESEL
INGENIEROS



1.- Conociendo a CESEL Ingenieros

Proyectos emblemáticos de CESEL

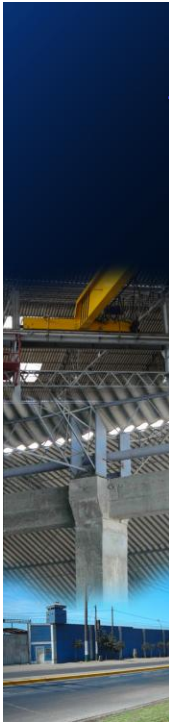
- *Muelle Sur (Callao)*
- *Interoceánica Sur*
- *Estadio Nacional*
- *Tren Eléctrico*
- *Ampliación de Toquepala a 100,000 TMPD*
- *Ampliación y mejoramiento del sistema de agua Potable alcantarillado del esquema Cieneguilla*
- *Refinería Talara*
- *Peruplast*
- *Tres Centrales Hidroeléctricas (Ecuador)*
- *Carretera (49 km) (Guatemala)*
- *Plan de Expansión del Sistema de Transmisión Eléctrico 2008- 2022(Guatemala)*
- *Remediación de las áreas impactadas por la actividad de la ex fundición 'Metal Huasi' (Argentina)*



10 de Noviembre del 2010

4

CESEL
INGENIEROS



2.- Introducción

❖ Según, SMARTORG, afirma que entre el 40% y 70% de proyectos no logran cumplir los ingresos y utilidades proyectados inicialmente. Además, afirma que existe una gran incapacidad de tomar en consideración la incertidumbre.



❖ En muchas consultoras, la estimación de los presupuestos y cronogramas se estiman considerando los valores promedios.

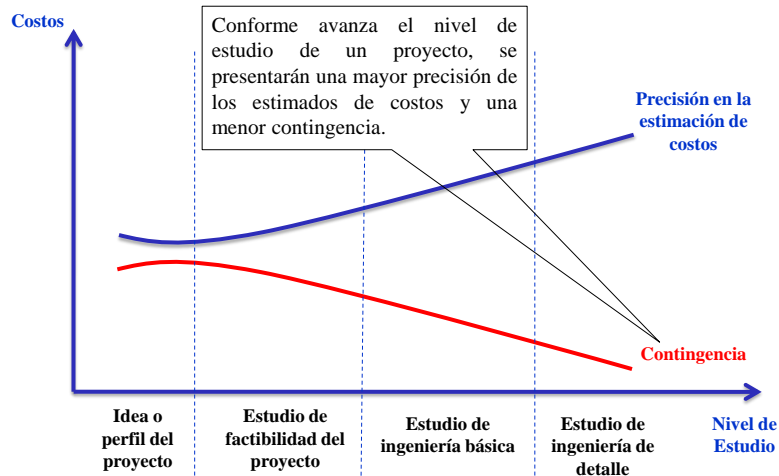
❖ Según una auditoría por parte del Banco Mundial, mencionan que los proyectos de centrales hidráulicas son muy riesgosos, con sobrecostos de hasta de 560% y un sobretiempo en promedio de 61%. Entre los principales factores de riesgo que considera son las condiciones geológicas, inundaciones, etc.

10 de Noviembre del 2010
5

CESEL
INGENIEROS



2.- Introducción



10 de Noviembre del 2010
6

CESEL
INGENIEROS



2.- Introducción

Titular de La República(*): "El Metropolitano sí duplicó costo inicial"

El Metropolitano es el sistema metropolitano de 26 Km. de transporte masivo que funciona en Lima. Los costos presupuestados inicialmente en 135 MM de dólares se duplicó a 300 MM de dólares.



Las razones de la duplicación de costos, por parte de la municipalidad de Lima, se resumen en:

- Modificaciones y mejoras necesarias en las obras.
- Variación del tipo de cambio del dólar.
- Incremento de precios de insumos, fierro($\Delta 161\%$) y cemento($\Delta 87\%$).

(*) *La República, Diario de circulación nacional del 8 de noviembre del 2010*

10 de Noviembre del 2010

7

CESEL
INGENIEROS



3.- Definiciones

Por lo general, no se tiene certeza sobre los valores futuros que tomarán los flujos de inversiones, tomando en consideración dicho escenario se nos pueden presentar dos situaciones:

3.1.- Riesgo

- ➡ Es cuando una variable puede tomar distintos valores.
- ➡ Se cuenta con información para conocer los eventos o rangos de la variable y, también, sus probabilidades.
- ➡ Un ejemplo clásico es el lanzamiento de dados, donde se conoce los eventos (1 al 6) y sus probabilidades (1/6).



10 de Noviembre del 2010

8

CESEL
INGENIEROS



3.- Definiciones

3.2.- Incertidumbre

- ➡ Es cuando una variable puede tomar distintos valores.
- ➡ No se cuenta con información para conocer los eventos o rangos de la variable y, tampoco, sus probabilidades. Por lo tanto, no se puede conocer su distribución de probabilidad.
- ➡ ¿Cuál es la solución frente a la desinformación?

Experiencia, intuición o conocimiento de expertos.

Distribución de probabilidades de ocurrencia subjetiva.



10 de Noviembre del 2010
9

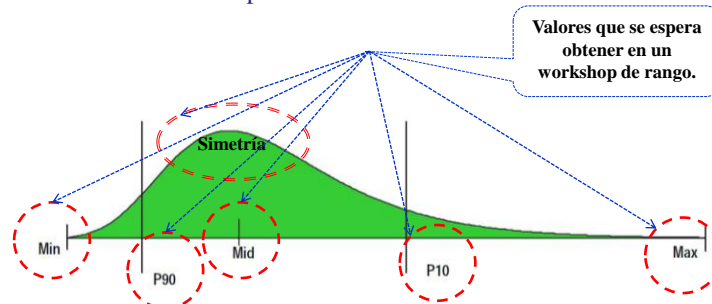
CESEL
INGENIEROS



3.- Definiciones

3.3.- Distribución de probabilidad subjetiva

- ➡ La estimación de dicha distribución se lleva a cabo mediante un workshop con las personas claves del proyecto, expertos con experiencia en proyectos similares, estimadores, etc.; y un facilitador o coordinador independiente.



10 de Noviembre del 2010
10

CESEL
INGENIEROS



3.- Definiciones

Detalle del CAPEX (Costo de capital)

CAPEX = Estimado de costo total + Costos indirectos

Estimado de costo total = Estimado directo de costos + Contingencia

Estimado directo de costos = Estimado neto de costos + Provisión de escalamiento + Provisión de evento (contingencia de cronograma)

¿Qué entendemos por **contingencia** en un proyecto?

La contingencia es una provisión de fondo en dinero que se asigna para aquellos costos y tiempos imposibles de identificar, y que son imprevistos e inherentes al proyecto debido al desarrollo natural de la ingeniería y construcción de detalle y, los costos reales ejecutados.

10 de Noviembre del 2010

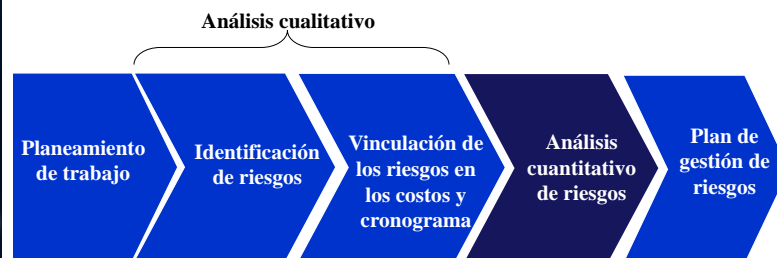
11

CESEL
INGENIEROS



4.- Metodología

Procedimiento de análisis de riesgo (*)



- Presentación del proyecto.
- Estimación de costos determinísticos.
- Agrupamiento de los costos por commodities.

(*) *Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK® Guide)*, © 2004 Project Management Institute

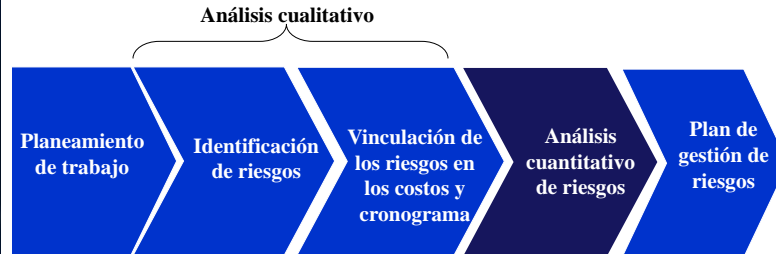
10 de Noviembre del 2010

12

CESEL
INGENIEROS

4.- Metodología

Procedimiento de análisis de riesgo (*)



•Se identificará los principales factores de riesgo asociados a la construcción del proyecto.

(*) *Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK® Guide)*, © 2004 Project Management Institute

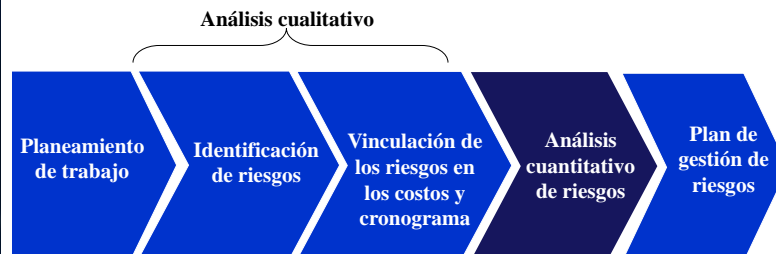
10 de Noviembre del 2010

13

CESEL
INGENIEROS

4.- Metodología

Procedimiento de análisis de riesgo (*)



•Se seleccionará los grupos críticos de costos y el camino crítico del cronograma.
•Asociar los riesgos a los costos en las actividades del cronograma.

(*) *Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK® Guide)*, © 2004 Project Management Institute

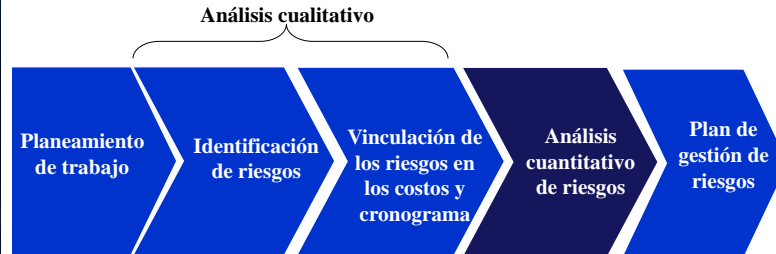
10 de Noviembre del 2010

14

CESEL
INGENIEROS

4.- Metodología

Procedimiento de análisis de riesgo (*)



- Estimación del P10, P50, P90.
- Correlación entre actividades.
- Construcción de modelos de simulación, utilizar el @Risk for Excell y @Risk for Project.

(*) *Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK® Guide)*, © 2004 Project Management Institute

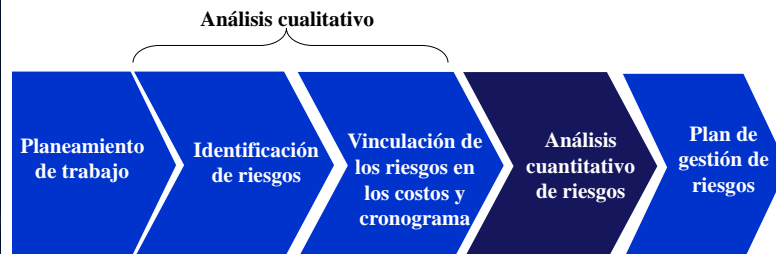
10 de Noviembre del 2010

15

CESEL
INGENIEROS

4.- Metodología

Procedimiento de análisis de riesgo (*)



- Especificación de las variabilidad de los valores estimados.
- Elaboración de un plan de acción.

(*) *Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK® Guide)*, © 2004 Project Management Institute

10 de Noviembre del 2010

16

CESEL
INGENIEROS



5.- Aplicación a un proyecto de Central Hidráulica

Presentación del proyecto.

- ❖ Central hidráulica con una potencia de 15 MW, no se especifica el nombre del proyecto por un tema de confidencialidad con el cliente.
- ❖ El estudio fue elaborado a un nivel de factibilidad.
- ❖ Los costos de inversión fueron estimados considerando información de cotizaciones en un 60%.
- ❖ La empresa será administrado por el Estado y será financiado en un 80% por el Eximbank de China.
- ❖ El cronograma de desembolsos del costo de capital será de 3 años.
- ❖ Existe una recuperación o reintegro del impuesto al valor agregado (IVA).
- ❖ Existe una exoneración de aduanas para equipos y maquinarias para proyectos de generación de energía renovable.

10 de Noviembre del 2010

17

CESEL
INGENIEROS



5.- Aplicación a un proyecto de Central Hidráulica

Agrupamiento de los costos por commodities de una central hidráulica.

Descripción	Miles de US\$
Equipamiento Electromecánico	11 968
Movimiento de Tierras	5 548
Túnel	5 877
Tubería PVC	4 769
Línea de Transmisión y Subestación	4 274
Tubería de Acero	4 028
Obras de Concreto	2 976
Accesos	1 685
Varios	1 218
Equipamiento Hidromecánico	670
Telecomunicaciones	95
Plan de Manejo Ambiental	545
Sub Total de Costo Directo	43 653

10 de Noviembre del 2010

18

CESEL
INGENIEROS



5.- Aplicación a un proyecto de Central Hidráulica

Ventajas de Agrupar los costos de un proyecto por commodities



Me permite tener una mayor eficiencia y eficacia en la estimación de los rangos mediante el workshop con los especialistas.



Me permite determinar el escalamiento de los grupo de costos durante el horizonte de desembolso del proyecto.

10 de Noviembre del 2010

19

CESEL
INGENIEROS



5.- Aplicación a un proyecto de Central Hidráulica

Actividades de la central hidráulica.

CRONOGRAMA TOTAL DE LA CENTRAL HIDRÁULICA	29 mss
INSTALACION DEL CONTRATISTA	1 mss
CONSTRUCCION DEL CAMPAMENTO	2 mss
CONSTRUCCION DE LOS CAMINOS DE ACCESO	3 mss
PUNTES	3 mss
BOCATOMA	6 mss
DESARENADOR	4 mss
CONDUCCION	12 mss
OBRAS DE ARTE	4 mss
TUNEL	12 mss
BOCATOMA IZCAYRUMI	3 mss
CONDUCCIÓN IZCAYRUMI	3 mss
CAMARA DE PRESION	4 mss
ALIVIADERO CAMARA DE PRESION	3 mss
TUBERIA DE PRESION	10 mss
CASA DE MAQUINAS	8 mss
CANAL DESCARGA CASA DE MAQUINAS	3 mss
EQUIPOS HIDROMECANICOS	3 mss
SUMINISTRO Y EQUIPAMIENTO CASA DE MAQUINAS	24 mss
SUBESTACION DE SALIDA	3 mss
LINEA DE TRANSMISION	18 mss
SUBESTACION DE LLEGADA EN TURI	6 mss
PLAN DE MANEJO AMBIENTAL	27 mss
TELECOMUNICACIONES	3 mss
RECEPCION PROVISIONAL DE LAS OBRAS	0 mss
PRUEBAS	2 mss
PUESTA EN SERVICIO, OPERACIÓN EXPERIMENTAL Y ENTREGA DEFINITIVA	0 mss

10 de Noviembre del 2010

20

CESEL
INGENIEROS

5.- Aplicación a un proyecto de Central Hidráulica

Se estimó el escalamiento de los costos por grupo de commodities, considerando la siguiente metodología:

$$\text{Precio de equipo}_i = a + b (\text{Precio de un commodity}) + u$$

Por ejemplo, el precio de las estructuras de torres eléctricas.

El commodity que se ajusta a las estructuras es el precio del acero.

Error estándar.

❖ Primeramente se debe determinar un grado de autocorrelación entre la variable dependiente (precio del equipo) y la variable independiente (Precio de un commodity).

❖ Para realizar la proyección se requiere la proyección del commodity y un software econométrico como **StatTools**, Eviews, Stata, etc.

10 de Noviembre del 2010

21

CESEL
INGENIEROS

5.- Aplicación a un proyecto de Central Hidráulica

❖ La proyección del precio de los commodities será proporcionado por Bloomberg. Adicionalmente, se cuenta con proyecciones para diferentes commodities por los principales bancos de inversión en el mundo.

Firma	Analista(s)	Al	Precio actual
1) Standard Bank	J. Westme...	02/06/09	3600
2) Standard Chartered Bank	D. Smith	02/06/09	3411
3) Commerzbank AG	B. Condy	01/22/09	4400
4) Commerzbank AG	E. Weinberg	01/22/09	3800
5) Landesbank Baden-Wuerttemb...	S. Streitmayer	01/15/09	3800
6) Deutsche Bank AG	B. Helek	01/13/09	4079
7) Deutsche Bank AG	D. Crane	01/09/09	2811
8) Deutsche Bank AG	D. Wilson	12/15/08	3600
9) Citigroup	J. Smirk	12/08/08	391.00
10) Citigroup	M. Jansen	11/18/08	4263
11) Citigroup	M. Pervan	11/18/08	3191
12) UBS Securities LLC	D. Brebner	11/17/08	2900

10 de Noviembre del 2010

22

CESEL
INGENIEROS



5.- Aplicación a un proyecto de Central Hidráulica

Tasas de escalamiento para cada grupo de commodities durante el periodo de desembolso.

Descripción de Costos Directos	Año 2011			Año 2012			Año 2013		
	Mínimo	Medio	Máximo	Mínimo	Medio	Máximo	Mínimo	Medio	Máximo
Equipamiento Electromecánico	3%	4%	5%	3%	4%	5%	3%	4%	5%
Movimiento de Tierras	8%	10%	13%	8%	10%	13%	8%	10%	13%
Túnel	6%	7%	8%	6%	7%	8%	6%	7%	8%
Tubería PVC	3%	4%	5%	3%	4%	5%	3%	4%	5%
Línea de Transmisión y Subestación	8%	9%	12%	8%	9%	12%	8%	9%	12%
Tubería de Acero	6%	8%	9%	6%	8%	9%	6%	8%	9%
Obras de Concreto	5%	7%	10%	5%	7%	10%	5%	7%	10%
Accesos	3%	4%	5%	3%	4%	5%	3%	4%	5%
Varios	3%	4%	5%	3%	4%	5%	3%	4%	5%
Equipamiento Hidromecánico	6%	8%	9%	6%	8%	9%	6%	8%	9%
Telecomunicaciones	6%	7%	8%	6%	7%	8%	6%	7%	8%
Plan de Manejo Ambiental	1%	2%	3%	1%	2%	3%	1%	2%	3%

10 de Noviembre del 2010
23

CESEL
INGENIEROS

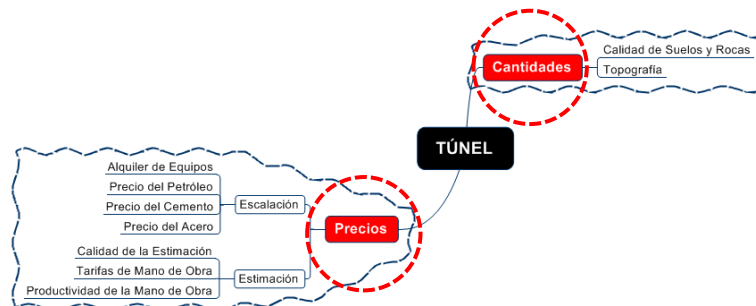


5.- Aplicación a un proyecto de Central Hidráulica

WORKSHOP DEL ANÁLISIS DE RANGO.

Identificación de riesgos.

Los especialistas lograron identificar los principales factores de riesgo que podrían afectar a los precios y cantidades por cada grupo de commodity.



10 de Noviembre del 2010
24

CESEL
INGENIEROS

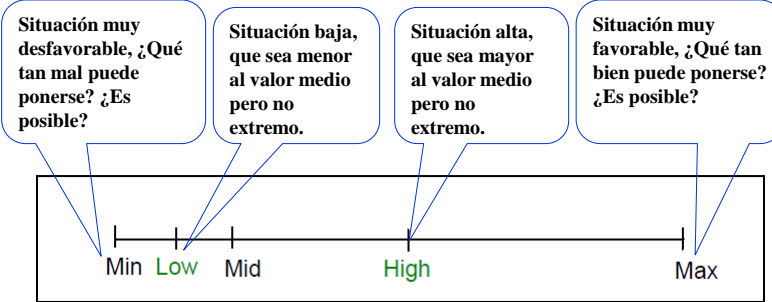


5.- Aplicación a un proyecto de Central Hidráulica

WORKSHOP DEL ANÁLISIS DE RANGO.

Estimación de la distribución de probabilidad de ocurrencia subjetiva

Luego, se le pedirá a los participantes considerar las siguientes cuatro situaciones para los grupos de commodities.



10 de Noviembre del 2010
25

CESEL
INGENIEROS

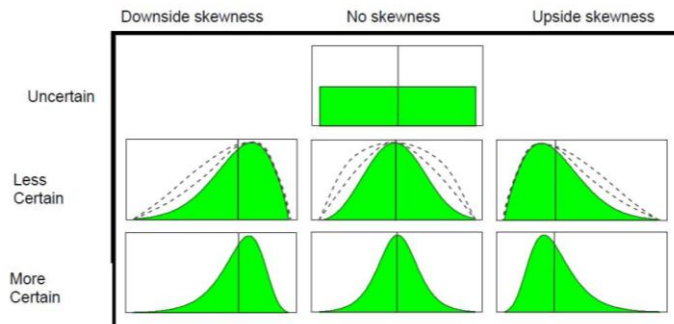


5.- Aplicación a un proyecto de Central Hidráulica

WORKSHOP DEL ANÁLISIS DE RANGO.

Estimación de la distribución de probabilidad de ocurrencia subjetiva

Luego, se le pedirá a los participantes que comenten sobre dos puntos: ¿Existe alguna asimetría inherente al rango de resultados?, ¿Cuál es el nivel de certidumbre alrededor del valor medio?



10 de Noviembre del 2010
26

CESEL
INGENIEROS



6.- Resultados

Rangos para los grupos de commodities, considerando la opinión de expertos y base de datos de CESEL.

Elementos del Estimado Neto de Costos	Estimación del Proyecto (Miles US\$)	Estimación Óptimista	Estimación Medio	Estimación Pesimista	Muestra
Equipamiento Electromecánico	11 968	8 437	12 158	16 642	12 285
Movimiento de Tierras	5 548	4 067	5 777	8 223	5 899
Tunel	5 877	4 169	6 084	8 386	6 148
Tubería PVC	4 769	3 675	5 013	6 669	5 066
Línea de Transmisión y Subestación	4 274	3 210	4 463	5 815	4 480
Tubería de Acero	4 028	3 581	4 114	4 657	4 115
Obras de Concreto	2 976	2 738	3 071	3 634	3 110
Accesos	1 685	1 519	1 723	2 143	1 685
Varios	1 218				1 218
Equipamiento Hidromecánico	670				670
Telecomunicaciones	95				95
Plan de Manejo Ambiental	545				545
Estimado Neto de Costos (Miles de US\$)	43 653				45 317

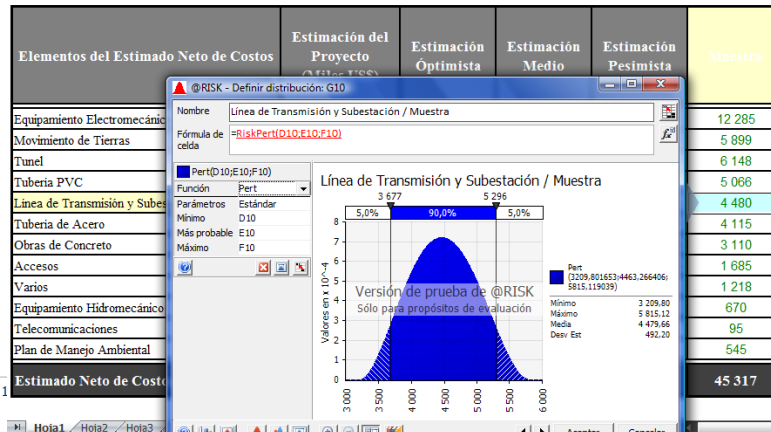
10 de Noviembre del 2010
27

CESEL
INGENIEROS

6.- Resultados

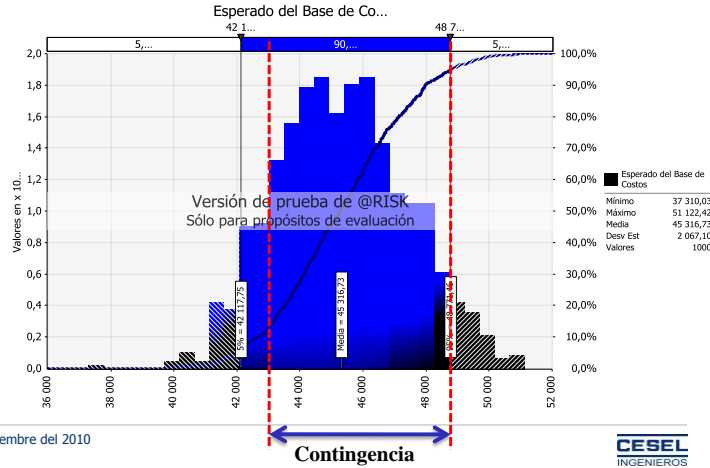
Distribución de probabilidad para el grupo equipamiento electromecánico.

ESTIMACIÓN DE LA CONTINGENCIA ESTOCÁSTICA



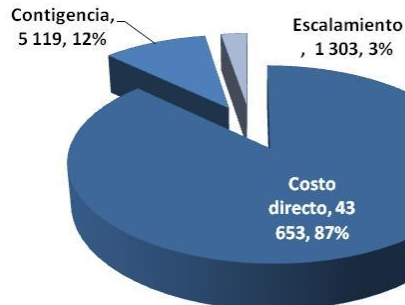
6.- Resultados

Simulación de Montecarlo del estimado directo de costos.



6.- Resultados

La contingencia estocásticas es el 12% de los costos directos al 95% de confianza.

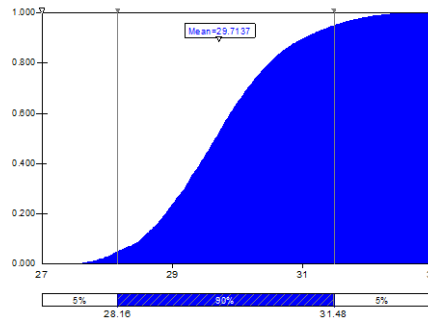




6.- Resultados

Contingencia del cronograma

Se llevo acabo el análisis de rango sobre 8 actividades del cronograma, de forma muy similar al costo, resultando una contingencia por atraso de 3 meses. Dicho valor fue llevado a valores monetarios, cuando se multiplico por el ratio gastos generales entre la duración total del cronograma maestro.



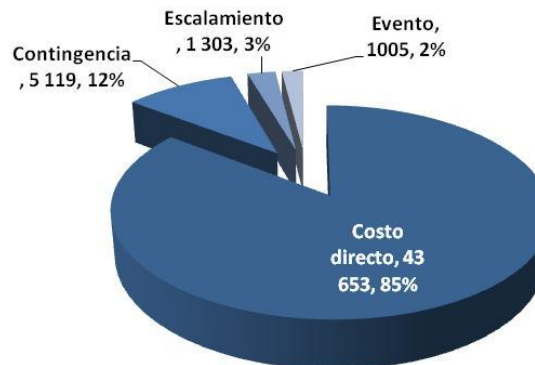
10 de Noviembre del 2010
31

CESEL
INGENIEROS



6.- Resultados

Consolidado de todos los costos asociados al proyecto.



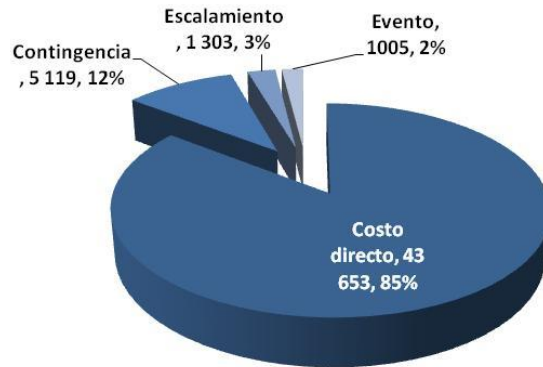
10 de Noviembre del 2010
32

CESEL
INGENIEROS



6.- Resultados

Consolidado de todos los costos asociados al proyecto.



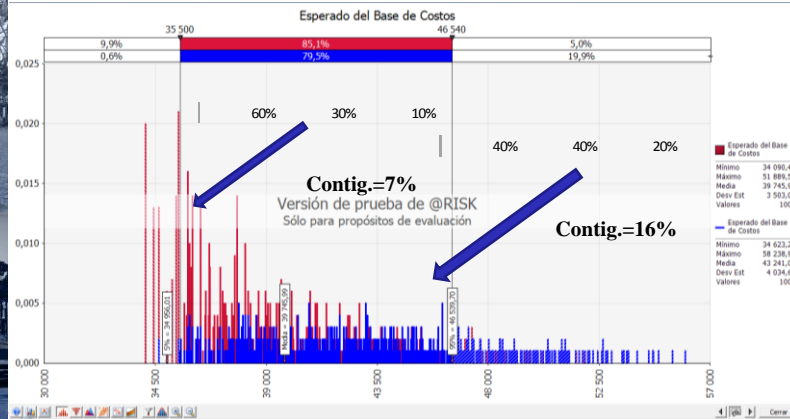
10 de Noviembre del 2010
33

CESEL
INGENIEROS



6.- Resultados

La importancia del comportamiento de la distribución de probabilidad. Se utilizó distribución riskdiscreta.



10 de Noviembre del 2010

34

CESEL
INGENIEROS



7.- Conclusiones

- ◆ Observamos que la metodología es viable y presenta una contribución a la gestión de riesgos.
- ◆ Se considera evidencia cualitativa.
- ◆ Es posible integrar el cronograma y presupuesto.
- ◆ Permite una determinación y un uso más adecuado de las contingencias.
- ◆ La metodología es aplicable a cualquier proyecto de infraestructura.
- ◆ El éxito de los resultados va depender del éxito de los workshop con los especialistas. (“Entra basura y sale basura”)

10 de Noviembre del 2010
35

CESEL
INGENIEROS



8.- Investigaciones complementarias

- ◆ Introducir las correlaciones de los grupos de commodities.
- ◆ Introducir el análisis de eventos adversos como el análisis de riesgo de desastre, como inundaciones, geológicos, etc.
- ◆ Definir los grupos de ítems considerando la distribución discreta con su respectivas probabilidad subjetiva.
- ◆ Desarrollar un modelo automatizado que sea posiblemente comercializado.

10 de Noviembre del 2010
36

	
Estimación de la Contingencia Estocástica del CAPEX: Presentación de la Metodología para el Project Team del Proyecto C.H. Yanuncay - Soldados	
Componentes del Proyecto: Equipamiento Estocástico Mantenimiento de Tercer Tercer Tercer Línea de Transmisión y Subestación Línea de Alto	Clase de Contrato: Fijo Contratos de Equipos Contratos de Contingencia del CAPEX Contratos de Contingencia del CAPEX Contratos de CAPEX
	Certificado: ISO 9001 ISO 14001 OHSAS 18001

CESEL
INGENIEROS



9.- Referencias bibliográficas

- ❖ Cooper, Grey, Raymond, Walker, 2005, “Managing Risk in Large Projects and Complex Procurements”, Project Risk Management Guidelines, England, pp. 251 – 278.
- ❖ Dr. Kenneth K. Humphreys, PE CCE, 2008, “Risk Analysis and Contingency Determination Using Range Estimating”, AACE International Recommend Practice N° 41R-08.
- ❖ Kamallesh Panthi, 2007, “Prioritizing and Estimating Hydropower Project Construction Risk: A Case Study of Nyadi Hydropower Project”, Florida International University.
- ❖ Palisade, “Guía Para el Uso del @Risk For Excell V. 5.5”, Febrero 2010, Palisade Corporation.
- ❖ Ph.D. Ordóñez Javier, 2010, “Using @Risk in Cost Risk Analysis”, Palisade Corporation.

CESEL
INGENIEROS

Muchas gracias.

CESEL
INGENIEROS