



# Quantitative Risk Analysis

*Identificar, Cuantificar y Gestionar Riesgos.  
Disminuir la Incertidumbre*

Ricardo Fierro Figueroa - GEDD CONSULTORES - 24-04-2024

# Quantitative Risk Analysis (QRA)



## Definiciones y Conceptos

- **Riesgos e incertidumbre** son inherentes a todo proyecto. La incertidumbre puede disminuir; el riesgo **puede cuantificarse y gestionarse**

Riesgo: probabilidad de ocurrencia de un resultado indeseado (AAE 2023)


(Riesgo según financieros: *posibilidad de variación de flujos de inversión*)

- **QRA:** *Análisis de riesgo utilizado para estimar un valor numérico (normalmente probabilístico) sobre resultados de riesgo en el que las probabilidades de ocurrencia del riesgo y los valores de impacto se utilizan directamente en lugar de expresar la gravedad de forma narrativa o clasificando como en los métodos cualitativos (AAE 2023)*

# Análisis Cuantitativo de Riesgo

## Definiciones y Conceptos



- Eventos o circunstancias indeseados en proyectos  desviaciones en costo y plazo
  - *¿A qué riesgos se puede ver enfrentado el proyecto?*
  - *¿Cuál es su naturaleza?*
  - *¿Cuán significativo es el posible impacto del riesgo?*
  - *¿Cuál es la probabilidad de ocurrencia de los riesgos identificados?*
- Una vez identificados los factores de riesgo, pueden caracterizarse y cuantificarse

# Análisis Cuantitativo de Riesgo

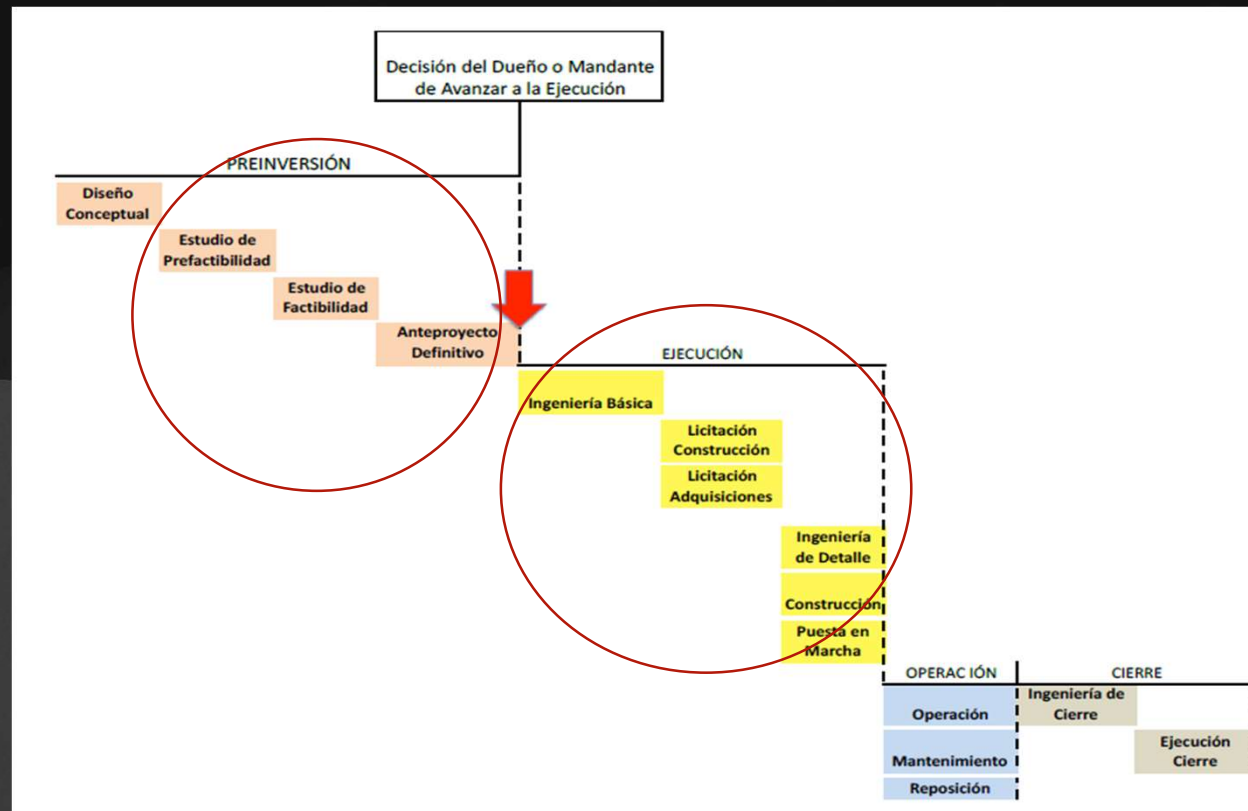


## En la mayoría de los casos...

- Las decisiones de inversión en proyectos se toman con mirada determinista, **pensando que costo y plazo son hechos ciertos** o con muy poca variabilidad (asumiendo que las condiciones no cambiarán; la incertidumbre se mantiene)
- *A lo más* las decisiones se adoptan suponiendo 2 o 3 casos posibles, no un espectro amplio de escenarios posibles (análisis de sensibilidad)
- La utilización de *matrices de riesgo* implica sólo un análisis cualitativo, *una clasificación subjetiva del riesgo y su valoración*
- QRA es una poderosa herramienta que otorga esa visión amplia, basada en completos análisis probabilísticos, no en una mirada determinista y subjetiva
- QRA se realiza mediante el **modelamiento matemático probabilístico de los múltiples escenarios** que podría enfrentar el proyecto

# Análisis Cuantitativo de Riesgo

## Aplicación en las distintas etapas del Proyecto



QRA debe estar presente en la toma de decisiones en las fases de evaluación, de diseño y de construcción, aportando valor al descubrir y cuantificar los escenarios de riesgo que enfrentará el proyecto y sus posibles efectos.

De: Rivas, Jaime: Desarrollo de Proyectos

# Análisis Cuantitativo de Riesgo

## Algunos casos reales de riesgos generadores de conflictos

- **Periodo prolongado de anidación de Golondrina Negra de Mar** en terrenos para construcción de LAT (impacto plazo; pérdida de productividad; sobrecostos)
- **Presencia de suelo Tipo 1 (roca) en construcción de subestación eléctrica** (cambio en metodología; impacto en plazo; obras adicionales; sobrecostos)
- **Atrasos y deficiencias en aprobación de Planes de Manejo Forestal (PMF)** en construcción de autopista (impacto en plazo; cambios de secuencia; sobrecostos)
- **Cambios de proyecto instruidos por el mandante en construcción de centro comercial** (detenciones; impacto en plazo; sobrecostos)
- **Ingeniería defectuosa y tardía en contrato fabricación y montaje chancador primario** (impacto en plazo; pérdidas de productividad; trabajos extras; sobrecostos)
- **Interferencia por muro subterráneo existente que obliga a modificar ingeniería** (impacto en plazo; obras adicionales; sobrecostos)
- **Error dimensional en suministro de hincas para PFV en suelo duro** (cambio de metodología; impacto en plazo; obras adicionales; pérdida de productividad; sobrecostos)



# Análisis Cuantitativo de Riesgo

## ¿Cuál es su principal aporte?

- En QRA convergen la experiencia en gestión de proyectos para la identificación de los riesgos y el conocimiento para la aplicación correcta de las técnicas de cálculo e interpretación de resultados
- Su principal aporte de valor está en ampliar la visión al tomar las decisiones de inversión, entregando un completo rango de las posibles variaciones que puede enfrentar el proyecto, **en costo y plazo.**
- Se aplica en etapa de evaluación, fase de inversión y/o durante el desarrollo del proyecto (esto último actualizando escenarios de acuerdo a las circunstancias)
- Al considerar el amplio rango de posibles escenarios en que puede desarrollarse el proyecto, **disminuye considerablemente la incertidumbre**
- Permite adoptar decisiones anticipadas para **afrentar la contingencia** y con ello “evitar las sorpresas”

# Análisis Cuantitativo de Riesgo

## ¿Qué tipos de riesgo puede enfrentar un proyecto?



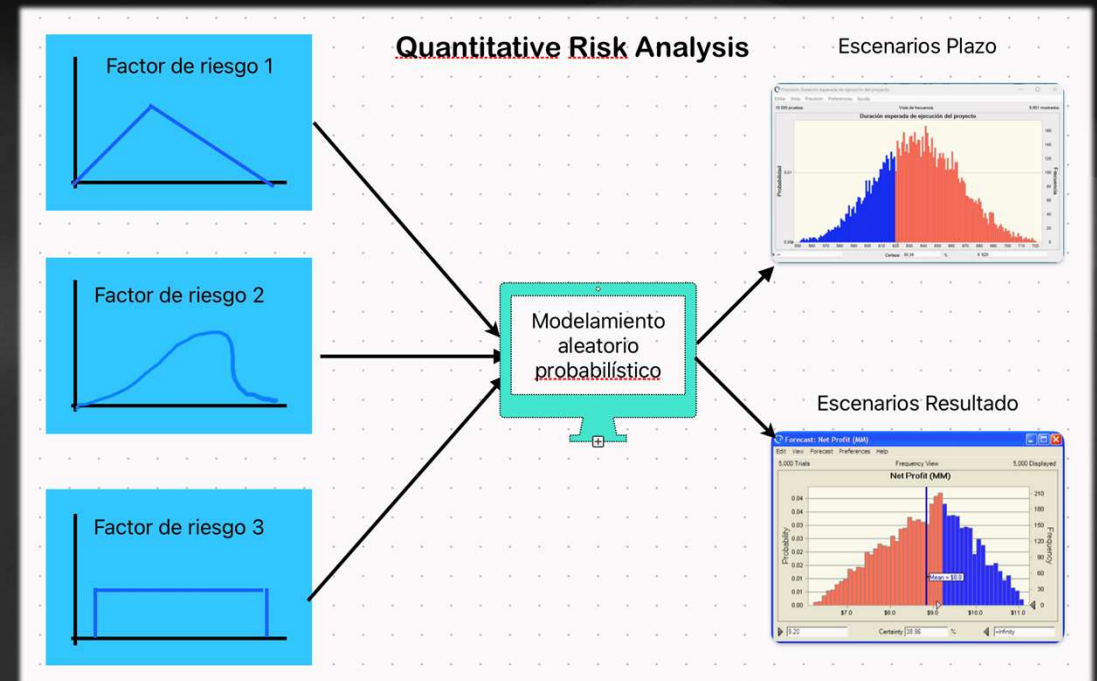
- Errores en estudios previos; errores y omisiones en proyecto de ingeniería; cambio de condiciones de ejecución; tardanza en obtención de permisos; disponibilidad restringida de terrenos; necesidad de introducir cambios de proyecto durante la ejecución, fenómenos climáticos severos, condiciones económicas adversas, etc.
- Planificación y programación sesgada; no disponibilidad de mano de obra adecuada y subcontratos a tiempo; no disponibilidad de equipos; bajos niveles de productividad por condiciones externas; problemas de relaciones laborales; imposibilidad de aplicar metodologías previstas por condiciones externas; alteración de procesos constructivos por condiciones diferentes de ejecución, etc.
- *Más allá de qué parte toma los riesgos, lo fundamental es identificarlos y cuantificar su probabilidad y sus posibles efectos*



# Análisis Cuantitativo de Riesgo

## Proceso simplificado de QRA

1. Identificación de los principales **factores de riesgo** que determinan plazo y/o costo del proyecto
2. Caracterización **probabilística** de cada factor identificado
3. Simulación **Montecarlo** de múltiples escenarios probables (miles)
4. Análisis e interpretación de resultados obtenidos.  
Recomendaciones de gestión



# Análisis Cuantitativo de Riesgo

## Qué se obtiene?

- Un completo estudio del análisis de los múltiples **riesgos** que enfrenta el proyecto, con sus **probabilidades de ocurrencia**
- Las herramientas necesarias para la toma de decisiones oportunas y basadas en **visión amplia y más realista**
- **Información clara y concreta** para cada proyecto específico, con sus propias características y condiciones
- **CONVERTIR RIESGOS EN OPORTUNIDADES**

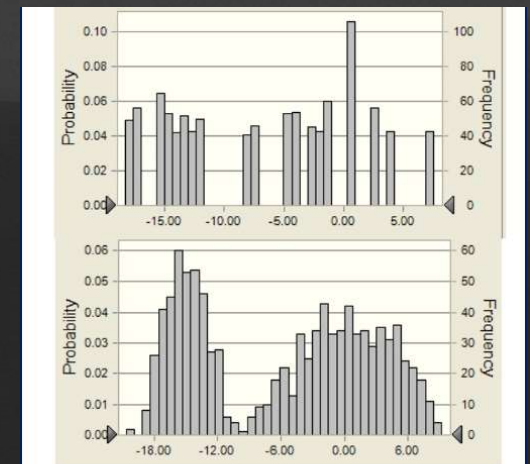
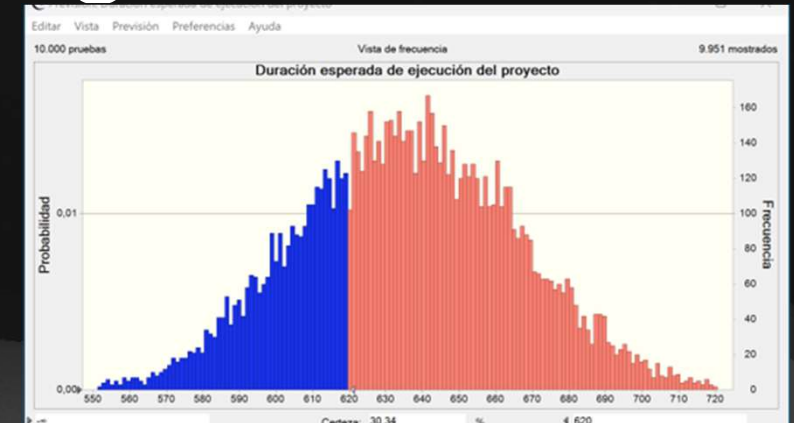


Figure 4: Bootstrap simulation and general Monte Carlo.

# Análisis Cuantitativo de Riesgo

## Un caso práctico

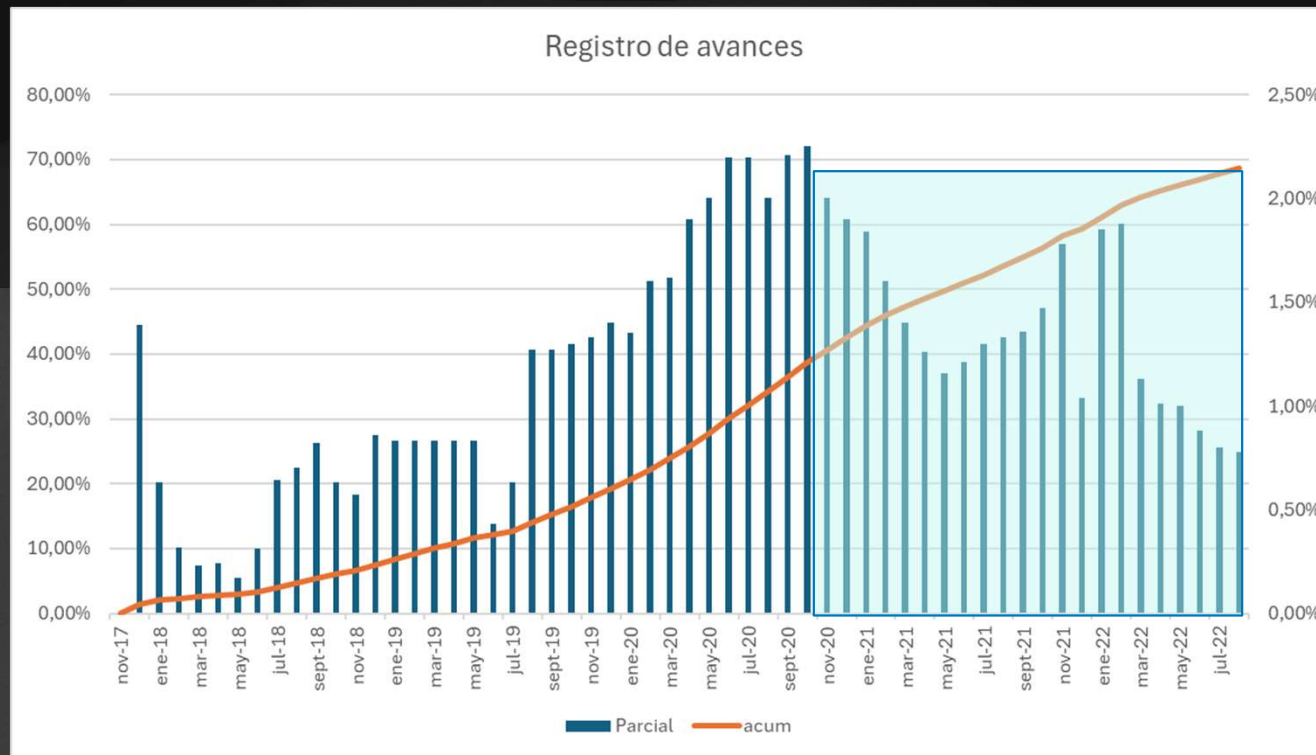


- Construcción de una obra en Concesión. Alto consumo de mano de obra y equipos, dificultad considerable.
- Proyecto en ejecución con más de un 65% de avance, acumula atrasos y proyecta fecha de ejecución con retrasos, causados por una diversidad de situaciones de diverso origen.
- Se desea estimar las proyecciones de plazo a término *lo más realista posible* en comparación con las estimaciones deterministas (caso base) y el plazo disponible
- Contratista registra historial de avances con elevada variabilidad a lo largo de la construcción
- Supuesto: de aquí en adelante no habrá más modificaciones ni interferencias, por lo tanto, todo depende principalmente del desempeño del contratista

# Análisis Cuantitativo de Riesgo

## Un caso práctico

- Análisis de avances históricos logrados



Muestra adecuada, debido a que contempla etapa de actividades similares a ejecutar y un rango de datos de desempeño más amplio y representativo



# Análisis Cuantitativo de Riesgo

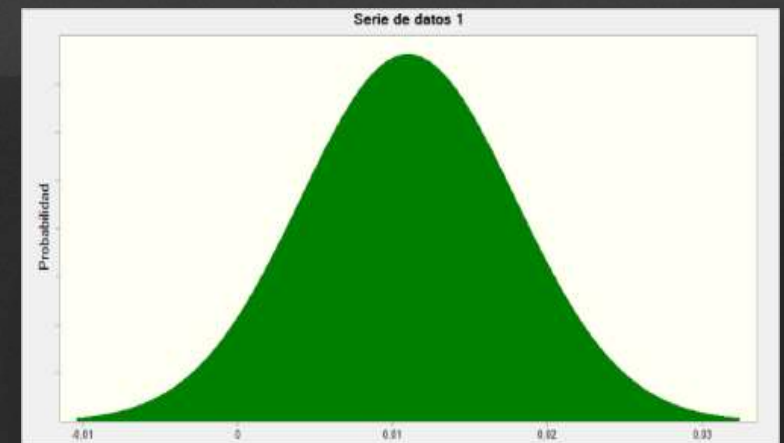
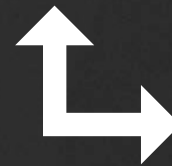
## Un caso práctico

- Determinación de distribución de probabilidad



Distribución	A-D	A-D Valor P:	Parámetros
Normal	0,4000	0,353	Media=0.011, Desv est=0.00694
Logística	0,4181	0,265	Media=0.01084, Escala=0.004
Beta	0,4497 ---		Mínimo=-0.00761, Máximo=0.05696, Alfa=5.03252, Beta=12.43196
Weibull	0,4498	0,191	Ubicación=-0.00445, Escala=0.01785, Forma=2.43223
Logarítmico normal	0,5166	0,077	Media=0.01103, Desv est=0.00708, Ubicación=-0.01928
Extremo máximo	0,6447	0,092	Más probable=0.00771, Escala=0.00585
Extremo mínimo	0,7855	0,039	Más probable=0.01452, Escala=0.00738
Triangular	0,8987 ---		Mínimo=0.00078, Más probable=0.0013, Máximo=0.03488
t de Student	1,3531 ---		Punto medio=0.011, Escala=0.00254, Grados de libertad=1
Exponencial	1,5274	0,028	Tasa=90.94089
Beta PERT	1,7974 ---		Mínimo=-0.00761, Más probable=0.00416, Máximo=0.05696
Gamma	2,8755	0,000	Ubicación=0.0013, Escala=0.0193, Forma=0.50239
Uniforme	3,5764	0,000	Mínimo=0.00027, Máximo=0.03013
Pareto	3,6060 ---		Ubicación=0.00121, Forma=0.52086

Prueba de bondad de ajuste:  
**Distribución Normal**

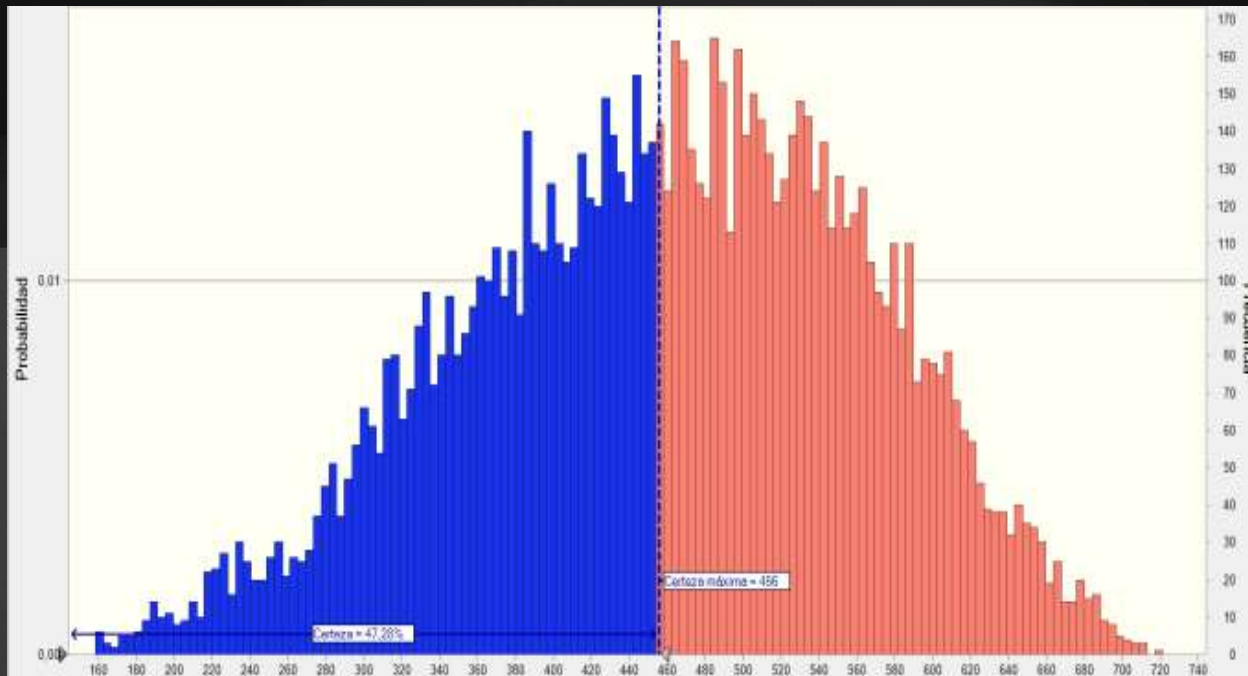




# Análisis Cuantitativo de Riesgo

## Un caso práctico

- Resultado de 10.000 iteraciones de la variable considerada



- La probabilidad de lograr el término de las obras dentro del plazo remanente del contrato es de un 47%
- La probabilidad de exceder el plazo es de un 53%
- Es 75% probable que el plazo se exceda en hasta 130 días

# Análisis Cuantitativo de Riesgo

## Conclusiones



- La probabilidad de cumplir el plazo es relativamente baja. Puede mejorar si el contratista mejora su desempeño o incorpora recursos adicionales
- Analizar posibles medidas de intervenir al contratista
- Es recomendable considerar provisiones de costos asociadas a mayor permanencia y comparar con costos de aceleración
- Es recomendable evaluar la posibilidad y conveniencia de gestionar aumentos de plazo para evitar multas del mandante
- Es recomendable plantear el inicio de una negociación tendiente a evitar la controversia
- Sin QRA es imposible identificar adecuadamente los riesgos, cuantificar su probabilidad y evaluar sus efectos económicos y contractuales

# Gracias!

## GEDD CONSULTORES

Soluciones estratégicas para la industria de la construcción y desarrollo de proyectos

[www.gedd.cl](http://www.gedd.cl)

