



**fcfm**

Ingeniería Eléctrica  
FACULTAD DE CIENCIAS  
FÍSICAS Y MATEMÁTICAS  
UNIVERSIDAD DE CHILE

**EL57C - Taller de diseño I**

---

# Memoria de Título

**Marco Peirano  
Eduardo Pereira**



# Memoria de Título

---

- Trabajo de investigación de carácter individual para la obtención de un grado académico.
- Tiene por objetivo aplicar conocimientos adquiridos en algún problema particular



# Proceso de desarrollo

---

- Elección de tutor o profesor guía
- Elección del tema
- Plan de trabajo
- Investigación antecedentes y recopilación de datos
- Parte experimental
- Análisis de datos
- Redacción
- Defensa de Título



# Contenido

---

- Introducción
- Estado del Arte
- Metodología
- Presentación de datos
- Análisis de resultados
- Conclusiones
- Bibliografía y Anexos
- Índice



# Memoria a analizar

---

**“Sistema de Evaluación Técnico-Económica de Medidas de Uso Eficiente de la Energía Eléctrica en el Parque de Motores de una Planta Concentradora de Cobre**

Ricardo Ramos Cid

4/12/2007

Profesor Guía: Alfredo Muñoz



# Memoria a analizar

---

- **Objetivo principal**

Desarrollo de un sistema de evaluación técnica y económica (software) de proyectos de eficiencia energética asociado al parque de motores en la gran minería del cobre.

- **Motivación**

Uso eficiente de la energía para un crecimiento económico sustentable.

Minería del cobre: 31% del consumo total del país



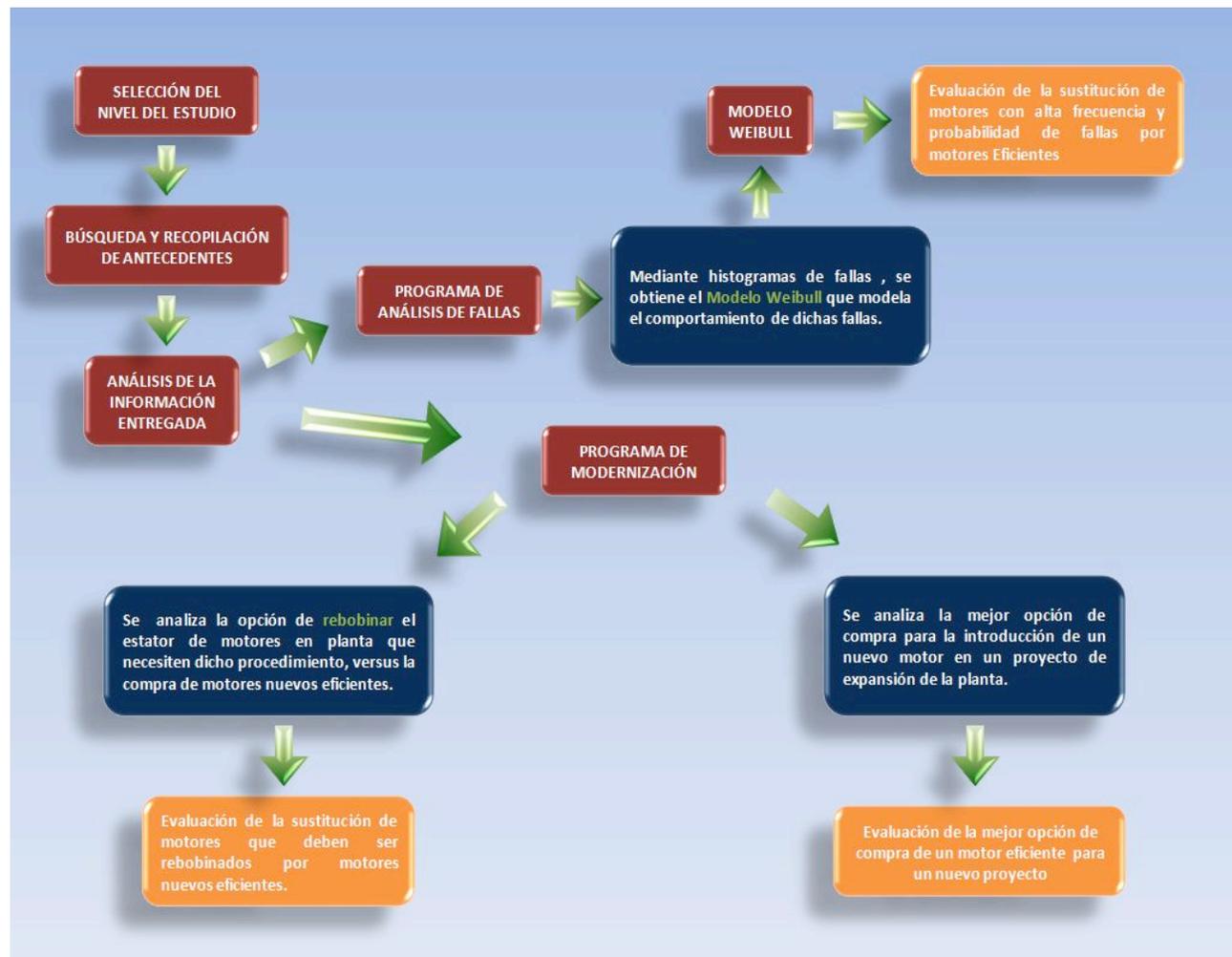
# Memoria a analizar

---

## **Metodología**

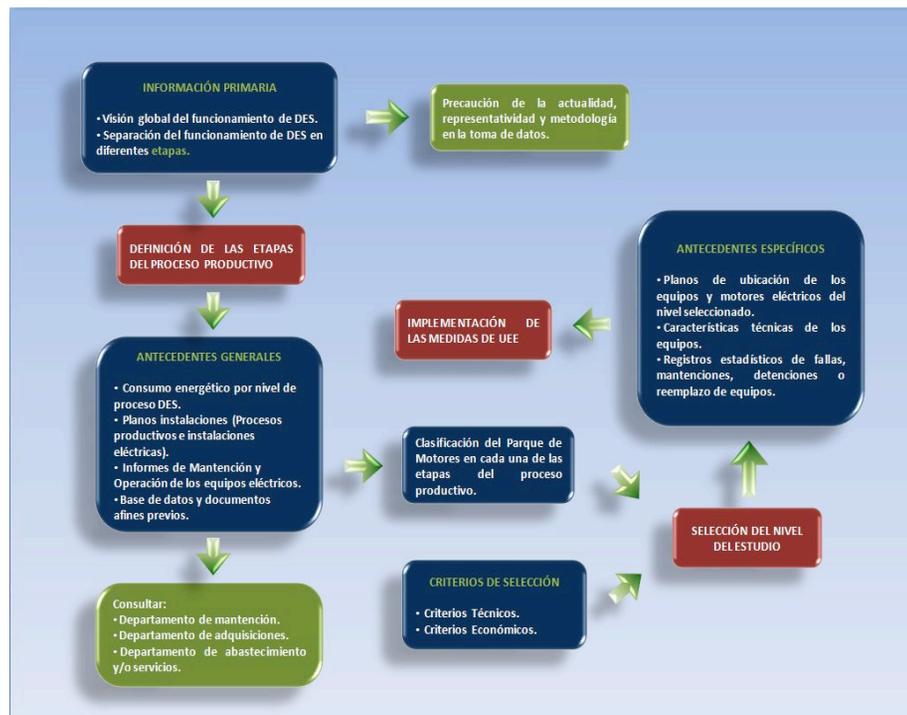
- Fuente de información que sirve de guía o referencia para implementación de proyectos similares.
- Decidir nivel de implementación del programa y análisis de rentabilidad de las medidas

# Metodología



# Selección del Nivel de estudio

Caracterización del proceso productivo de la planta para seleccionar el nivel de implementación del programa

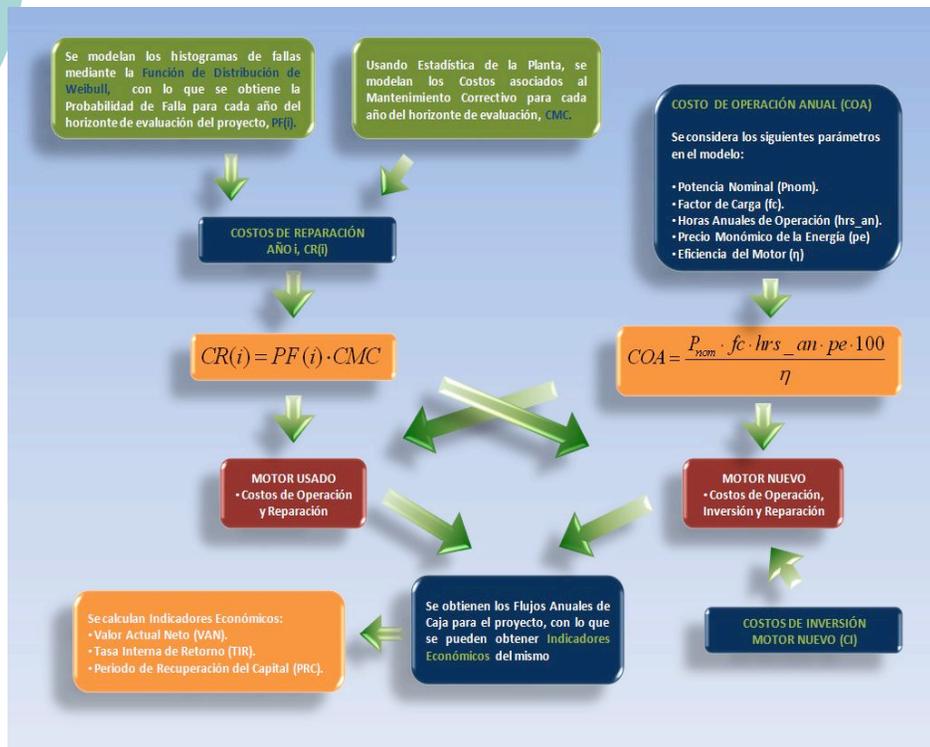


CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA POR ÁREAS DIVISIÓN EL SOLDADO				
	2005		2006	
	kWh	%	kWh	%
<b>MINA</b>				
Operaciones Rajo	3.162.868	1,23%	3.261.308	1,24%
Mina subterránea	15.814.342	6,14%	16.306.541	6,21%
Servicios Mina	790.717	0,31%	815.327	0,31%
<b>SUB - TOTAL MINA</b>	<b>19.767.927</b>	<b>7,68%</b>	<b>20.383.176</b>	<b>7,76%</b>
<b>CONCENTRADORA</b>				
Plantas Chancado 1rio - 2rio - 3rio	7.607.744	2,96%	8.598.333	3,27%
Molienda Tradicional	48.423.467	18,81%	51.329.598	19,54%
Molienda S.A.G.	99.947.913	38,82%	102.599.844	39,07%
Concentración (Flotación)+ Molino Remolendas	33.198.439	12,90%	32.119.042	12,23%
Bombeo Relaves a Tranque	3.727.042	1,45%	3.614.551	1,38%
Disposición Relaves	5.437.171	2,11%	5.391.697	2,05%
Filtro-Espesadores	3.329.328	1,29%	3.804.368	1,45%
Servicios Varios Plantas	722.729	0,28%	642.030	0,24%
<b>SUB - TOTAL CONCENTRADORA</b>	<b>202.393.853</b>	<b>78,62%</b>	<b>208.099.463</b>	<b>79,23%</b>
<b>PLANTA ÓXIDOS</b>				
Rectificadores	13.763.602	5,35%	14.196.563	5,41%
Planta Principal (Servicios Sx+EW)	2.885.502	1,12%	2.389.150	0,91%
Chancado	3.013.925	1,17%	2.031.943	0,77%
Lix Ripios	468.205	0,18%	362.743	0,14%
<b>SUB - TOTAL PLANTA OXIDOS</b>	<b>20.131.234</b>	<b>7,82%</b>	<b>18.980.399</b>	<b>7,23%</b>
<b>SERVICIOS</b>				
Suministro Agua Fresca	5.052.280	1,96%	5.006.576	1,91%
Recirculación Agua desde tranque relave	8.932.496	3,47%	8.857.788	3,37%
<b>SUB - TOTAL SERVICIOS</b>	<b>13.984.776</b>	<b>5,43%</b>	<b>13.864.364</b>	<b>5,28%</b>
<b>TOTAL ENERGÍA COMPRADA</b>	<b>256.277.770</b>	<b>99,55%</b>	<b>261.327.402</b>	<b>99,50%</b>
<b>TOTAL ENERGÍA GENERADA</b>	<b>1.155.000</b>	<b>0,45%</b>	<b>1.311.050</b>	<b>0,50%</b>
<b>TOTAL ENERGÍA COMPRADA Y GENERADA</b>	<b>257.432.770</b>	<b>100%</b>	<b>262.638.452</b>	<b>100%</b>

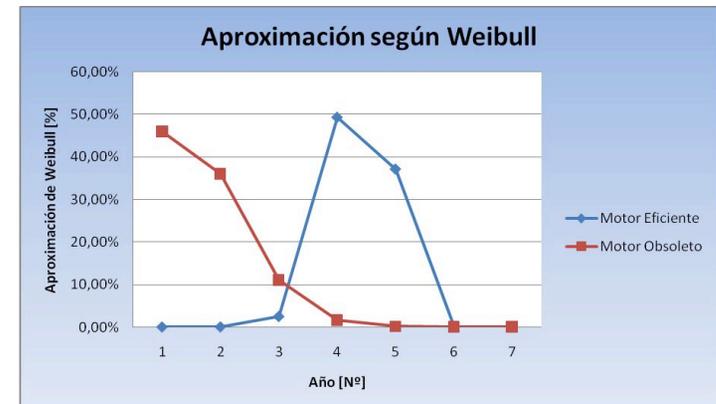
Dimensión	Variable	Indicador
Técnica	Factor de Planta	0/1
	Horas de Uso	Horas/Año
	Antigüedad	Años de uso
	Criticidad del Proceso	Observación General
Estructural	Parque de Motores [0 , 100] HP	Cantidad
		% del Total HP
	Potencia Instalada ]100 , ∞[ HP	Cantidad
		% del Total HP

# Evaluación de la Sustitución de Motores con Alta Frecuencia y Probabilidad de Fallas por Motores Eficientes

- Se contrastan los costos de operación, inversión y reparación de ambas posibilidades.

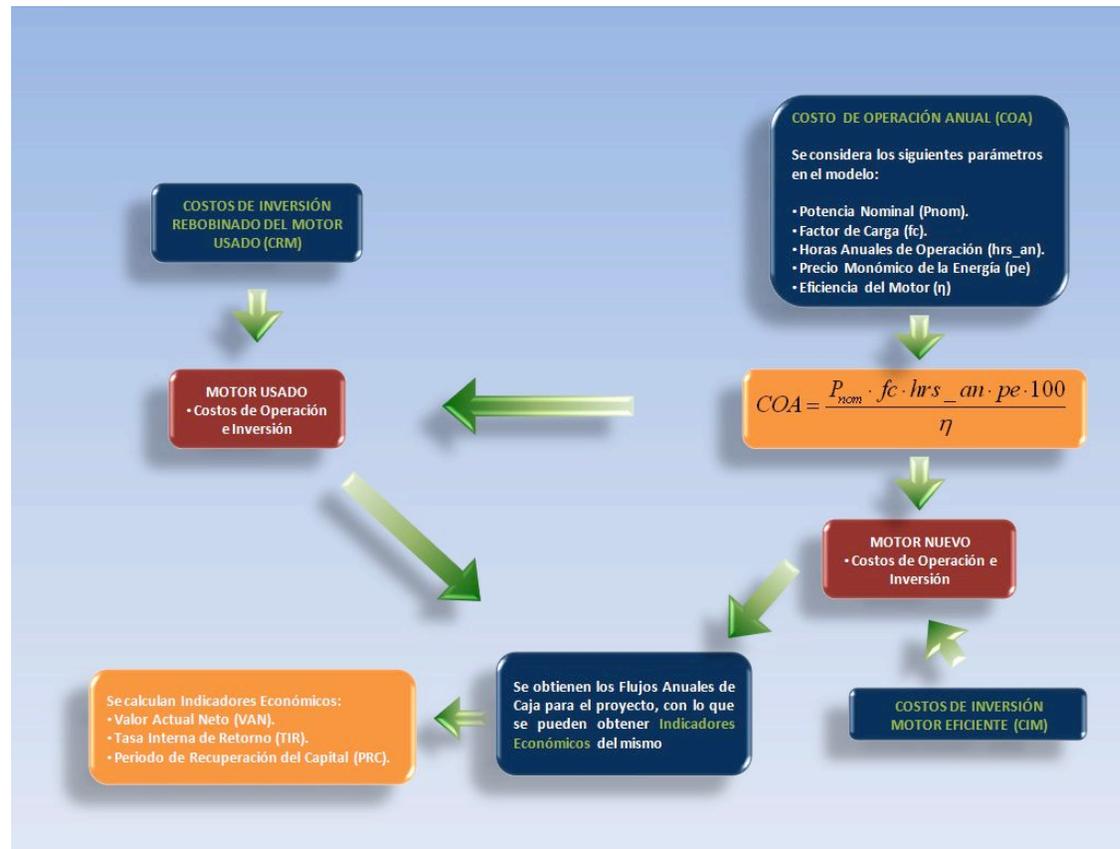


$$PFalla(año i) = 100 \cdot \frac{\alpha}{\beta^\alpha} \cdot (año i)^{\alpha-1} \cdot e^{-\frac{año i^\alpha}{\beta^\alpha}} [\%]$$



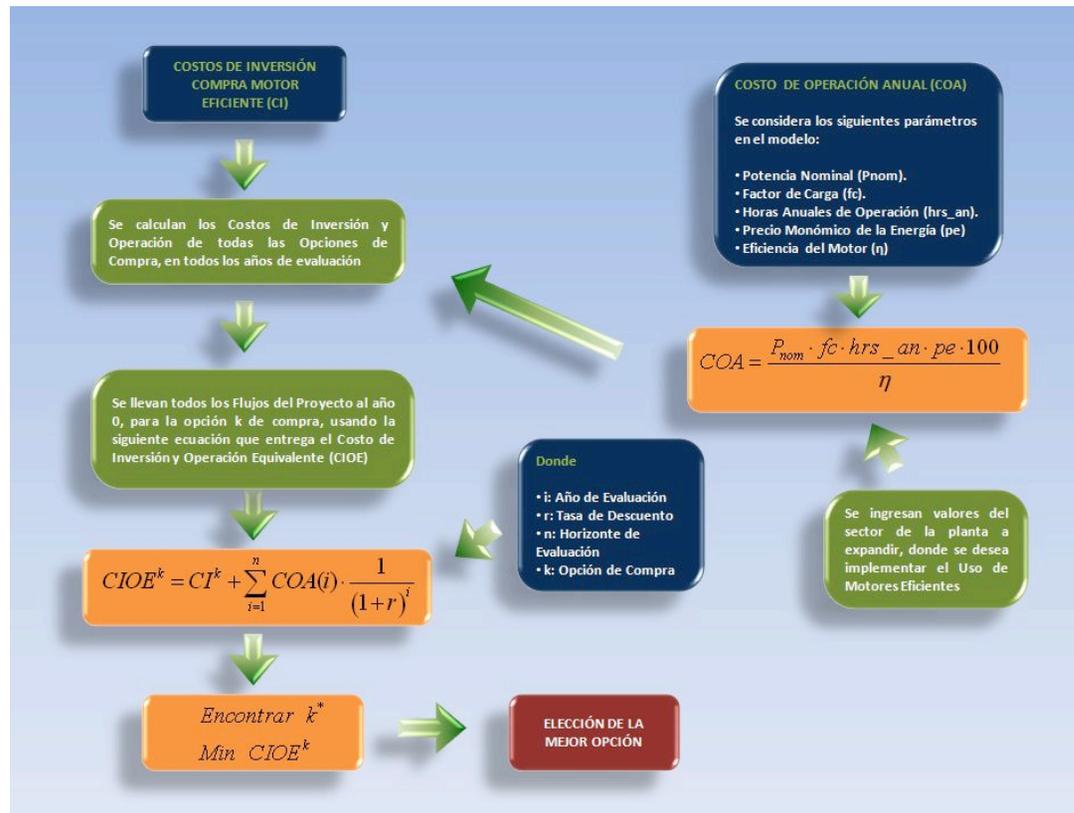
# Evaluación de la Sustitución de Motores que deben ser Rebobinados por Motores Nuevos Eficientes

- Se contrastan los costos de operación e inversión de ambas posibilidades.



# Evaluación de la Mejor Opción de Compra de un Motor para un Nuevo Proyecto

- Se consideran todos los costos de inversión y operación en el horizonte de evaluación para discriminar la alternativa más rentable.



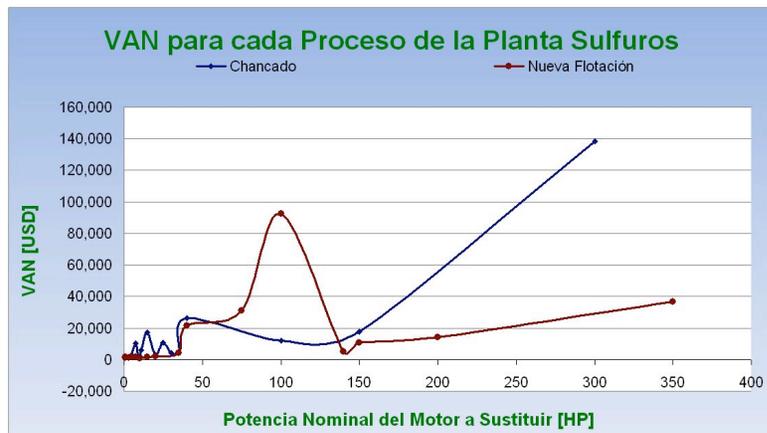
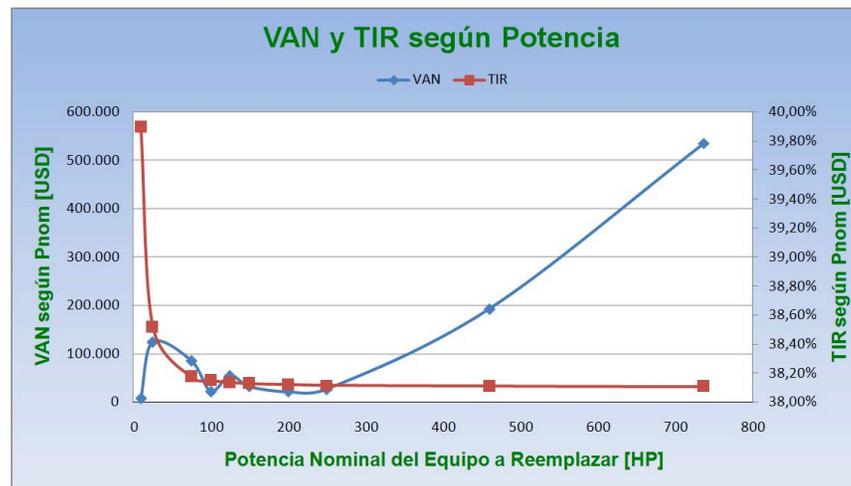


# Consideraciones para la evaluación económica

---

- No se considerará la valorización económica asociada a la pérdida de producción que se tiene cuando se interviene un motor activo en el proceso productivo de la planta.
- Se consideraron los siguientes horizontes de evaluación del proyecto:
  - 10 años para los motores con fallas y para aquellos que necesitan rebobinado.
  - 4 años para la compra de un motor de un nuevo proyecto.
- Se consideró una tasa de descuento del 10%.
- Se consideró un precio monómico de la electricidad de 65 [USD/MWh], que corresponde aproximadamente a la estimación de este valor para los clientes libre en el SIC en el mediano plazo.

# Resultados Obtenidos



Indicador	Tipo de Motor	Valor Min	Valor Max
VAN [USD]	EFF1	0,67	1,39
	EFF2	0,4	0,96
	EFF3	-0,3	-0,18
TIR [%]	EFF1	28,05%	44,64%
	EFF2	21,99%	36,43%
	EFF3	-7,28%	23,47%
PRC [Meses]	EFF1	31	48
	EFF2	38	60
	EFF3	54	176