

# Desarrollo de Robótica Industrial en Codelco Chile

---

Juan Pablo Oyarzún

Aldo Bonomelli de Pinaga

GTICA – Codelco



# Desarrollo de Robótica Industrial en Codelco

## Tabla de Contenidos

---

- **Robótica Industrial**
  - Contexto y Definición
  - Valor
- **Situación Actual**
  - Soluciones Implementadas
  - Diagnóstico
- **Estructura de Trabajo**
  - Lecciones Aprendidas
  - Nueva Metodología
- **Resultados**
  - Cartera Proyectos Robóticos 2012
  - “Top Ten” Emblemáticos SSO
  - Ficha Proyectos Robóticos
- **Conclusiones**

Copyrights © 2012 CODELCO-CHILE. Todos los Derechos Reservados. | Copyrights © 2012 by CODELCO-CHILE. All Rights Reserved.

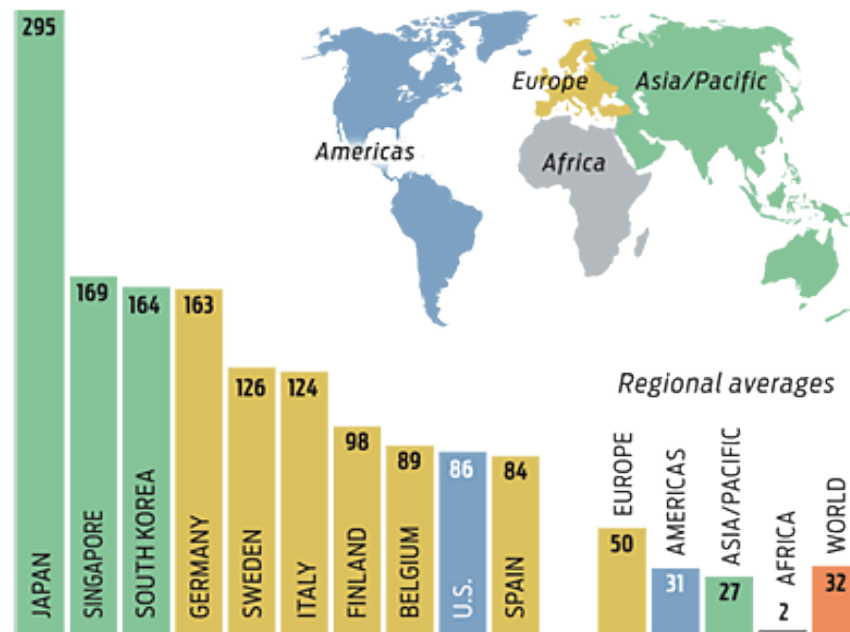


# Desarrollo de Robótica Industrial en Codelco

## Robótica Industrial

- En el año 2006 existían 3 robots industriales por cada 100 trabajadores del área de Manufactura en Japón.

TOP 10 COUNTRIES BY ROBOT DENSITY  
(Industrial robots per 10 000 manufacturing workers)



Mike Vella, Artículo "The Rise of The Machines", IEEE Spectrum

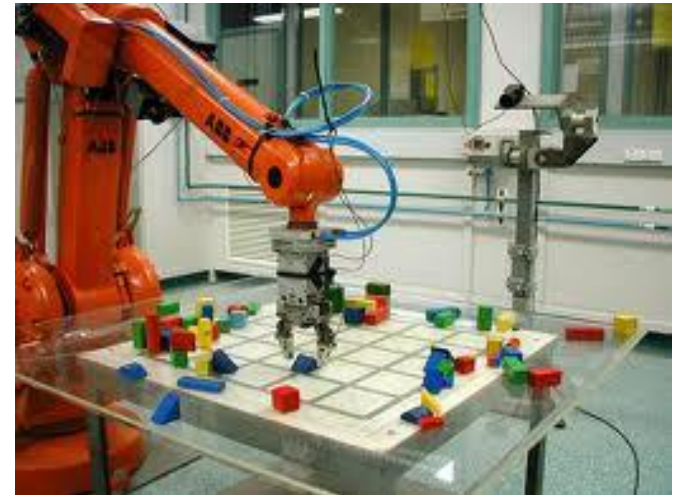
(\*) Fuente: World Robotics – Industrial Robots 2007, International Federation of Robotics.

Copyrights © 2012 CODELCO-CHILE. Todos los Derechos Reservados. | Copyrights © 2012 by CODELCO-CHILE. All Rights Reserved.

# Desarrollo de Robótica Industrial en Codelco

## Robótica Industrial

- ISO 8373 “Manipulating Industrial Robots” define el siguiente término:
  - **Manipulador Robot Industrial / Robot:** Manipulador automáticamente controlado, reprogramable, multipropósito, programable en tres o más ejes que puede estar fijo a tierra o ser móvil para el uso en aplicaciones de automatización industrial.



Copyrights © 2012 CODELCO-CHILE. Todos los Derechos Reservados. | Copyrights © 2012 by CODELCO-CHILE. All Rights Reserved.

# Desarrollo de Robótica Industrial en Codelco

## Robótica Industrial

- ¿Cuál es el valor de la Robótica Industrial?

**Producción**

**Costos**

¿Core Business?

- Rapidez
- Precisión
- Repetibilidad
- Acciones complejas
- Eficiencia
- Etc.

**Seguridad**

**Salud  
Ocupacional**

- Acciones riesgosas
- Acciones insalubres
- Acciones ambiente agresivo

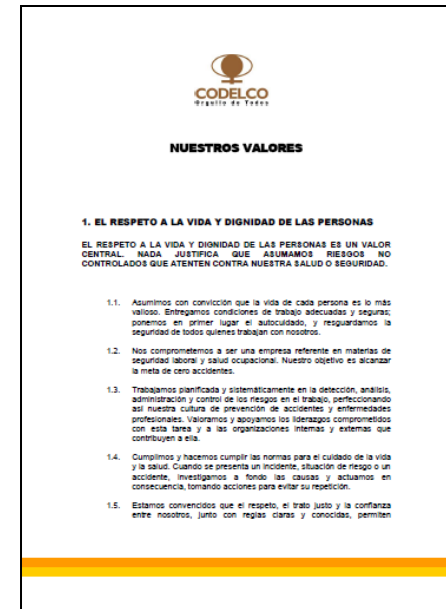
Copyrights © 2012 CODELCO-CHILE. Todos los Derechos Reservados. | Copyrights © 2012 by CODELCO-CHILE. All Rights Reserved.



# Desarrollo de Robótica Industrial en Codelco

## Robótica Industrial

- Relevancia de la Seguridad y Salud Ocupacional en Codelco



El respeto a la vida y dignidad de las personas es un valor central. Nada justifica que asumamos riesgos no controlados que atenten contra nuestra salud o seguridad.

Copyrights © 2012 CODELCO-CHILE. Todos los Derechos Reservados. | Copyrights © 2012 by CODELCO-CHILE. All Rights Reserved.





# Desarrollo de Robótica Industrial en Codelco

## Tabla de Contenidos

---

- Robótica Industrial
  - Contexto y Definición
  - Valor
- Situación Actual
  - Soluciones Implementadas
  - Diagnóstico
- Estructura de Trabajo
  - Lecciones Aprendidas
  - Nueva Metodología
- Resultados
  - Cartera Proyectos Robóticos 2012
  - “Top Ten” Emblemáticos SSO
  - Ficha Proyectos Robóticos
- Conclusiones

Copyrights © 2012 CODELCO-CHILE. Todos los Derechos Reservados. | Copyrights © 2012 by CODELCO-CHILE. All Rights Reserved.



# Desarrollo de Robótica Industrial en Codelco

## Situación Actual

---

- Primer semestre del 2011, la GTIP en conjunto con la GTICA desarrolla un levantamiento sobre el estado de situación de los proyectos robóticos implementados en las divisiones de CODELCO.
- Resultado: Desde 2005 se han implementado 7 soluciones robóticas:
  - 2 Operativas, Sistemas Reposición de Cátodos Líneas MDC n°2 y 3 (RT).
  - 4 No operativas, SRC Línea MDC n°1 (RT), Apertura y Cierre Pasajes Horno Flash y Horno Tostación (Chuqui), Sistema Robótico MDC (RT).
  - 1 Piloto industrial exitoso, Máquina Despegadora de Láminas Iniciales (VENT).





# Desarrollo de Robótica Industrial en Codelco

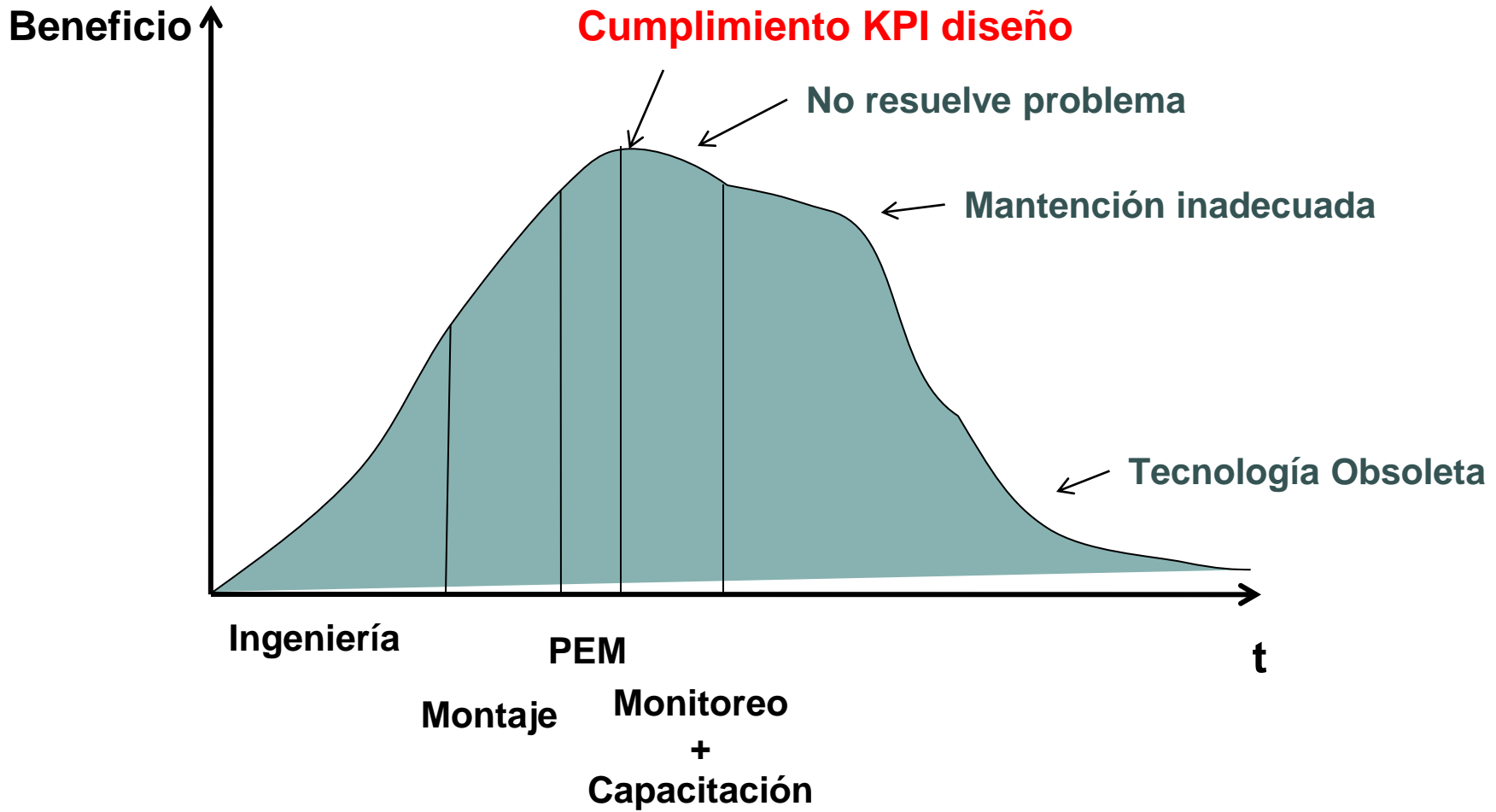
## Diagnóstico

Aspecto	Descripción
<i>Problema</i>	<ul style="list-style-type: none"><li>➤ Mala definición sobre el problema a resolver.</li><li>➤ Poca claridad sobre la causa del problema.</li></ul>
<i>Límite de Batería</i>	<ul style="list-style-type: none"><li>➤ No se definen las actividades que hace el sistema robótico y las que no hace.</li></ul>
<i>Interfaz</i>	<ul style="list-style-type: none"><li>➤ No se establecen responsabilidades sobre la entradas y salidas del sistema robótico.</li></ul>
<i>KPI</i>	<ul style="list-style-type: none"><li>➤ No existe definición de KPIs para medir el éxito de la solución robótica.</li></ul>
<i>Soporte Ciclo Vida</i>	<ul style="list-style-type: none"><li>➤ No existe un programa adecuado de mantención programada que aseguren en el tiempo los KPI de diseño.</li></ul>



# Desarrollo de Robótica Industrial en Codelco

## Soporte Ciclo de Vida



Copyrights © 2012 CODELCO-CHILE. Todos los Derechos Reservados. | Copyrights © 2012 by CODELCO-CHILE. All Rights Reserved.

# Desarrollo de Robótica Industrial en Codelco

## Tabla de Contenidos

---

- **Robótica Industrial**
  - Contexto y Definición
  - Valor
- **Situación Actual**
  - Soluciones Implementadas
  - Diagnóstico
- **Estructura de Trabajo**
  - Lecciones Aprendidas
  - Nueva Metodología
- **Resultados**
  - Cartera Proyectos Robóticos 2012
  - “Top Ten” Emblemáticos SSO
  - Ficha Proyectos Robóticos
- **Conclusiones**

Copyrights © 2012 CODELCO-CHILE. Todos los Derechos Reservados. | Copyrights © 2012 by CODELCO-CHILE. All Rights Reserved.



# Desarrollo de Robótica Industrial en Codelco

## Lecciones Aprendidas

---

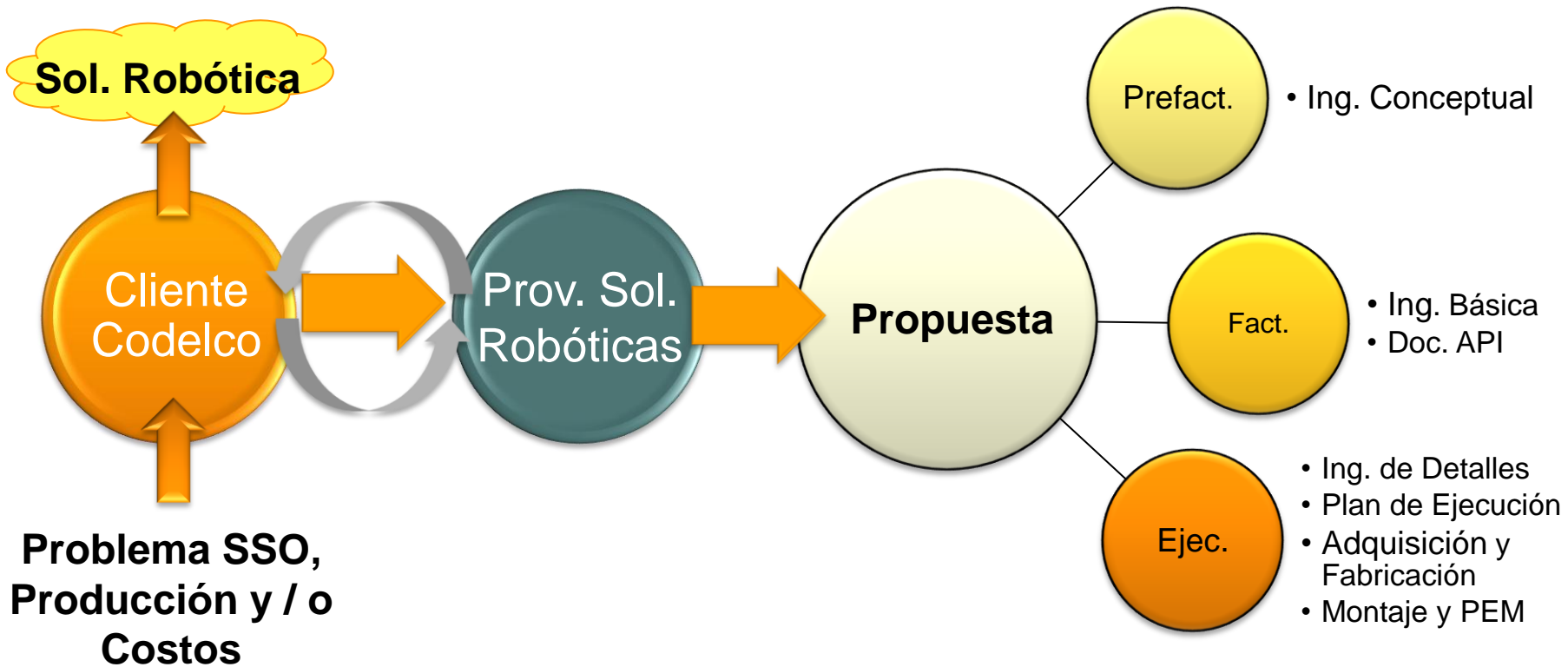
- Se debe mejorar la identificación del problema que se desea resolver y sus causas.
- Se debe analizar soluciones alternativas de mercado, no solamente soluciones robóticas.
- Se debe mejorar la definición de la solución robótica, con respecto al alcance, límite de batería, interfaces y roles.
- Se debe definir criterios de éxito (KPI) medibles y que apunten a resolver el problema.
- Se debe considerar el soporte al ciclo de vida del proyecto (mantención programada).
- Se debe participar activamente desde la conceptualización de la solución con el cliente y ser un interlocutor válido entre cliente y proveedor de soluciones robóticas.

Copyrights © 2012 CODELCO-CHILE. Todos los Derechos Reservados. | Copyrights © 2012 by CODELCO-CHILE. All Rights Reserved.



# Desarrollo de Robótica Industrial en Codelco

## Nueva Metodología

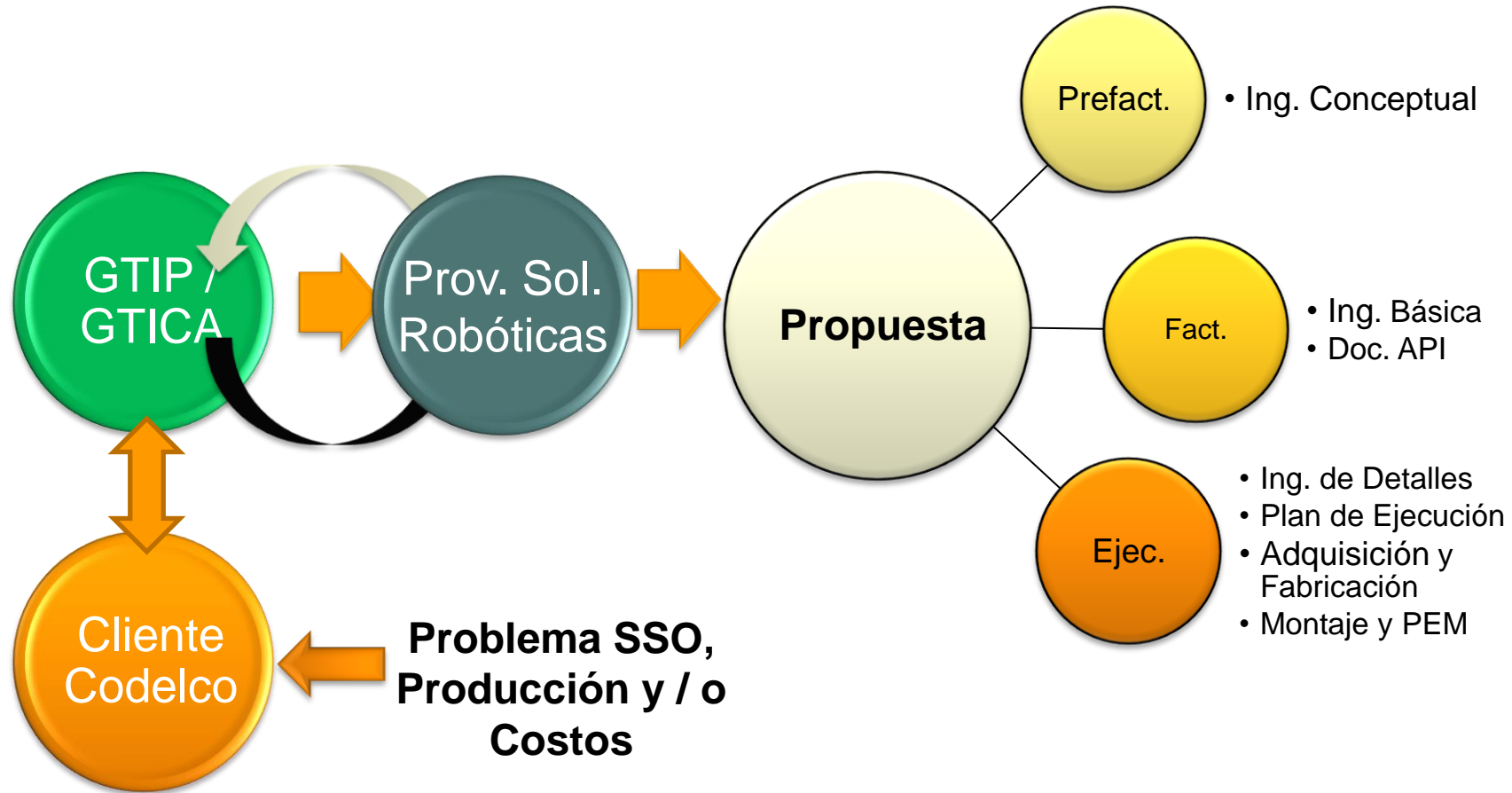


Copyrights © 2012 CODELCO-CHILE. Todos los Derechos Reservados. | Copyrights © 2012 by CODELCO-CHILE. All Rights Reserved.



# Desarrollo de Robótica Industrial en Codelco

## Nueva Metodología

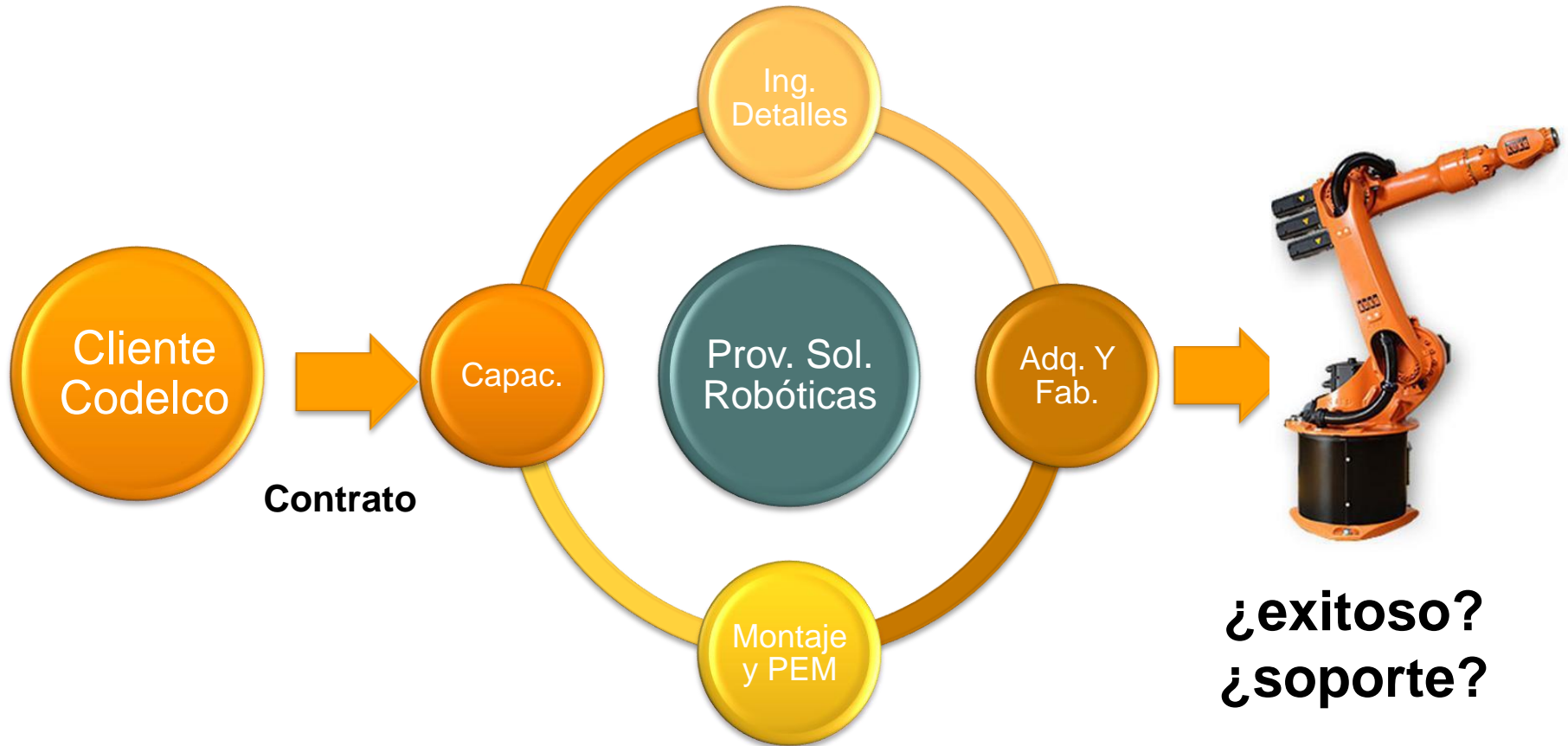


Copyrights © 2012 CODELCO-CHILE. Todos los Derechos Reservados. | Copyrights © 2012 by CODELCO-CHILE. All Rights Reserved.



# Desarrollo de Robótica Industrial en Codelco

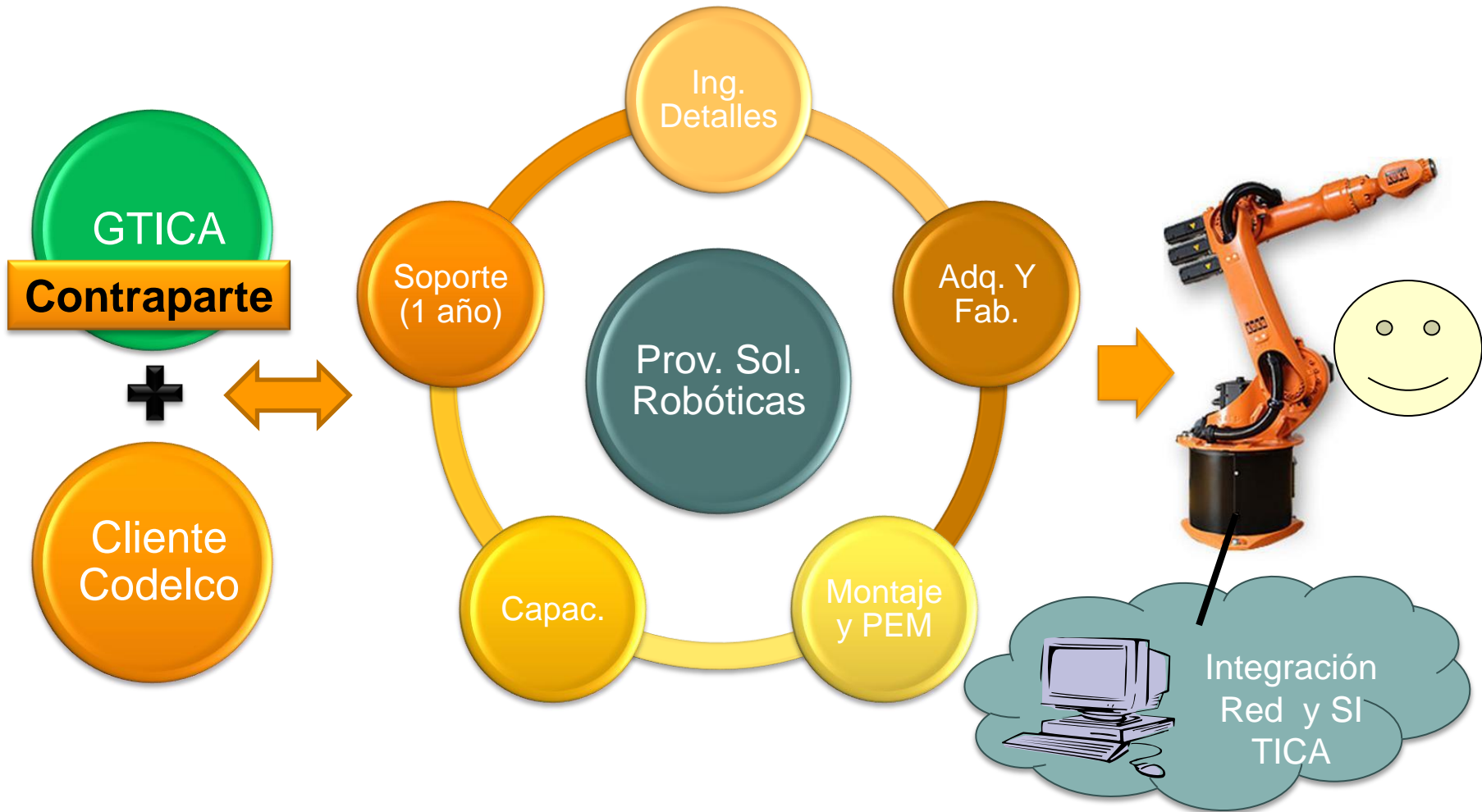
## Nueva Metodología



Copyrights © 2012 CODELCO-CHILE. Todos los Derechos Reservados. | Copyrights © 2012 by CODELCO-CHILE. All Rights Reserved.

# Desarrollo de Robótica Industrial en Codelco

## Nueva Metodología



Copyrights © 2012 CODELCO-CHILE. Todos los Derechos Reservados. | Copyrights © 2012 by CODELCO-CHILE. All Rights Reserved.

# Desarrollo de Robótica Industrial en Codelco

## Tabla de Contenidos

---

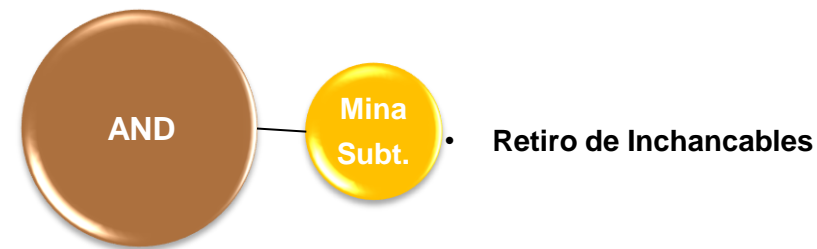
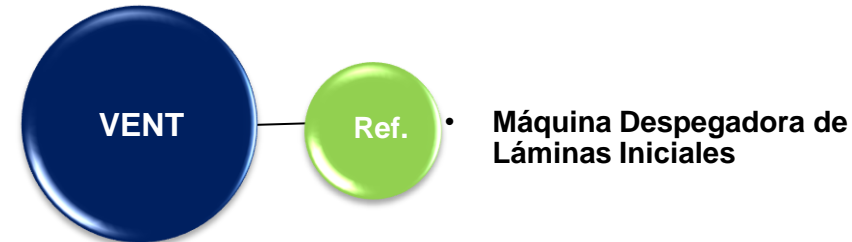
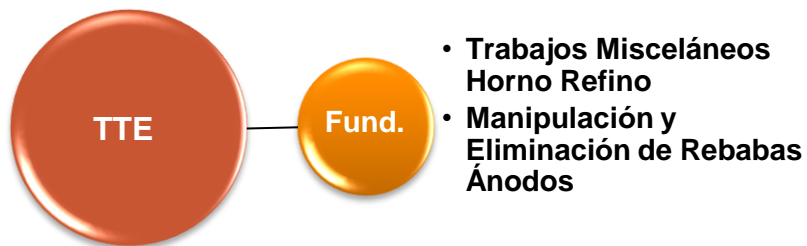
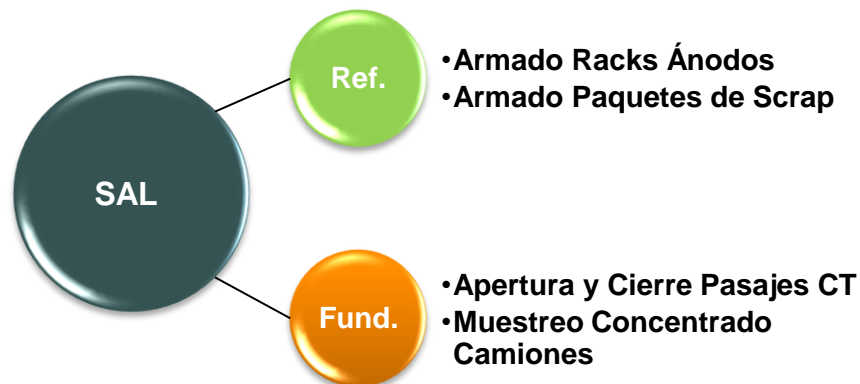
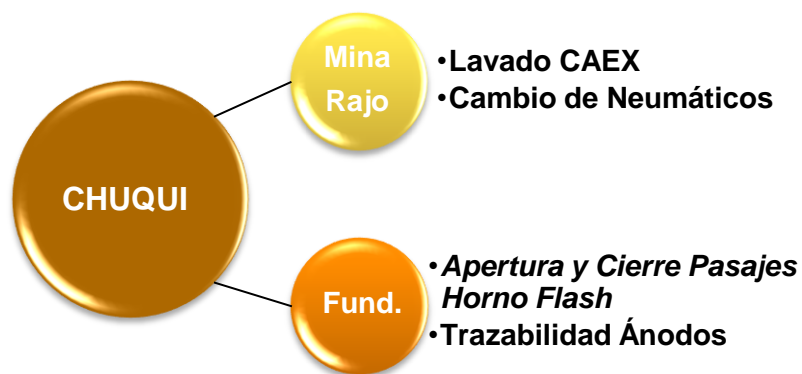
- **Robótica Industrial**
  - Contexto y Definición
  - Valor
- **Situación Actual**
  - Soluciones Implementadas
  - Diagnóstico
- **Estructura de Trabajo**
  - Lecciones Aprendidas
  - Nueva Metodología
- **Resultados**
  - Cartera Proyectos Robóticos 2012
  - “Top Ten” Emblemáticos SSO
  - Ficha Proyectos Robóticos
- **Conclusiones**

Copyrights © 2012 CODELCO-CHILE. Todos los Derechos Reservados. | Copyrights © 2012 by CODELCO-CHILE. All Rights Reserved.



# Desarrollo de Robótica Industrial en Codelco

## Nueva Cartera de Proyectos Robóticos 2012



Copyrights © 2012 CODELCO-CHILE. Todos los Derechos Reservados. | Copyrights © 2012 by CODELCO-CHILE. All Rights Reserved.

# Desarrollo de Robótica Industrial en Codelco

## Proyectos Emblemáticos SSO

N°	Nombre	División	Enfoque	Accidentes
1	<b>Sistema Robótico para apoyo a labores de cambio de neumáticos CAEX</b>	<b>Chuquicamata</b>	<b>Robotización</b>	<b>Grave DCH 2011</b>
2	<b>Sistema Robótico para lavado de camiones CAEX</b>	<b>Chuquicamata</b>	<b>Robotización</b>	<b>A Potencial DRT 2010</b>
3	Sistema de Detección de Personas y Competencias enclavada a Operaciones Críticas	Radomiro Tomic	Automatización	Fatal DCH 2010
4	<b>Sistema Robótico de Armado de Racks</b>	<b>Salvador</b>	<b>Robotización</b>	<b>Grave DRT 2010</b>
5	Sistema Teleoperado para actividades de alto riesgo en mina subterránea	Andina	Teleoperación	Fatal DSAL 2010
6	<b>Sistema Robótico para despegue de láminas iniciales desde placas de titanio</b>	<b>Ventanas</b>	<b>Robotización</b>	<b>Fatal</b>
7	Sistema de Telecomando de puentes grúas de la nave de convertidores	Teniente	Teleoperación	Fatal DCH 2001
8	<b>Sistema Robótico para trabajos de escoriado, toma de muestra y limpieza de boca en hornos anódicos</b>	<b>Teniente</b>	<b>Robotización</b>	<b>Varios Graves</b>
9	<b>Sistema robótico que permita realizar las actividades de manejo de Ánodos</b>	<b>Teniente</b>	<b>Robotización</b>	<b>Varios Graves</b>
10	Válvula automática para apertura/cierre pasaje de horno (escoria, metal blanco, Cu, otros)	Casa Matriz	Automatización	A Potencial DET 2012

Copyrights © 2012 CODELCO-CHILE. Todos los Derechos Reservados. | Copyrights © 2012 by CODELCO-CHILE. All Rights Reserved.



# Desarrollo de Robótica Industrial en Codelco

## Proyectos Emblemáticos SSO

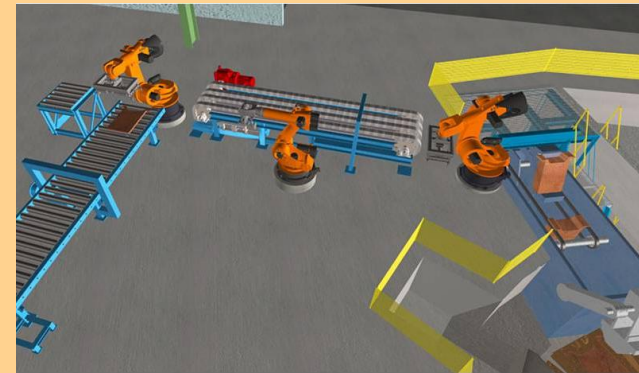
- Directores SSO divisionales levantaron una lista de 56 procesos peligrosos potencialmente automatizables.
- La GSSO, en conjunto con la GTICA, la GTIP y la DFT analizaron la pertinencia de la lista según los siguientes criterios:


General	Impacto	Estratégico
<ul style="list-style-type: none"><li>• Foco SSO</li><li>• Solución relacionada con la automatización</li><li>• Repetibilidad</li><li>• Pre-existencia</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Nivel de Riesgo</li><li>• Número de personas expuesto</li><li>• Replicabilidad</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Al menos 1 por división</li><li>• Proporción entre Seguridad y Salud Ocupacional</li><li>• Apoyo divisional</li><li>• Estado de Avance</li></ul>





Título			
Sistema robótico que permita realizar las actividades de manejo de Ánodos (REMO)			
Datos Generales			
<b>División</b>	Teniente	<b>Sponsor</b>	Germán Richter
<b>Gerencia</b>	Gerencia Fundición	<b>Cliente</b>	Sergio Rubilar
<b>Unidad</b>	Fundición	<b>Ejecutor</b>	GTIP / GTICA



Indicadores SSO			
<b>Peligro</b>	Exposición a cargas suspendidas. Manipulación de carga pesada. Exposición ambiente agresivo.		
<b>Riesgo</b>	Atrapamientos, golpes, caídas. Lesiones traumáticas. Muerte accidental.		
<b>Expuestos</b>	6	<b>Criticidad</b>	Inaceptable 
<b>ECF</b>	7	<b>EST</b>	4

### Descripción Problema:

- En Fundición Caletones, los ánodos deben ser inspeccionados y clasificados para no ser rechazados en las distintas refinерías de destino. Un porcentaje de los ánodos puede ser tratado (eliminación rebabas) para evitar su rechazo. Toda esta actividad se realiza en forma manual, con presencia de izajes y manipulación de ánodos, paso de grúas horquillas y exposición a un ambiente agresivo en la nave de fundición.

Criterios			
<b>Justificación</b>	Seguridad	<b>Tecnología</b>	Robotización
<b>Estado Avance</b>	Ejecución Factibilidad	<b>Replicable</b>	Sí

### Descripción Solución:

- Sistema robótico que reemplace al operador en estas actividades de alto riesgo. El sistema a través de una celda robótica realiza las labores de manipulación e inspección de ánodos, eliminación de rebabas, clasificación, enzunchado y etiquetado.

Recursos Requeridos			
<b>Tipo</b>	Aprob. API	<b>Personas</b>	N/A
<b>Presupuesto</b>	Por definir	<b>Tiempo</b>	Por definir

<b>Compromiso Diciembre 2012</b>	<b>Fin Factibilidad</b>
----------------------------------	-------------------------

Copyrights © 2012 CODELCO-CHILE. Todos los Derechos Reservados. | Copyrights © 2012 by CODELCO-CHILE. All Rights Reserved.

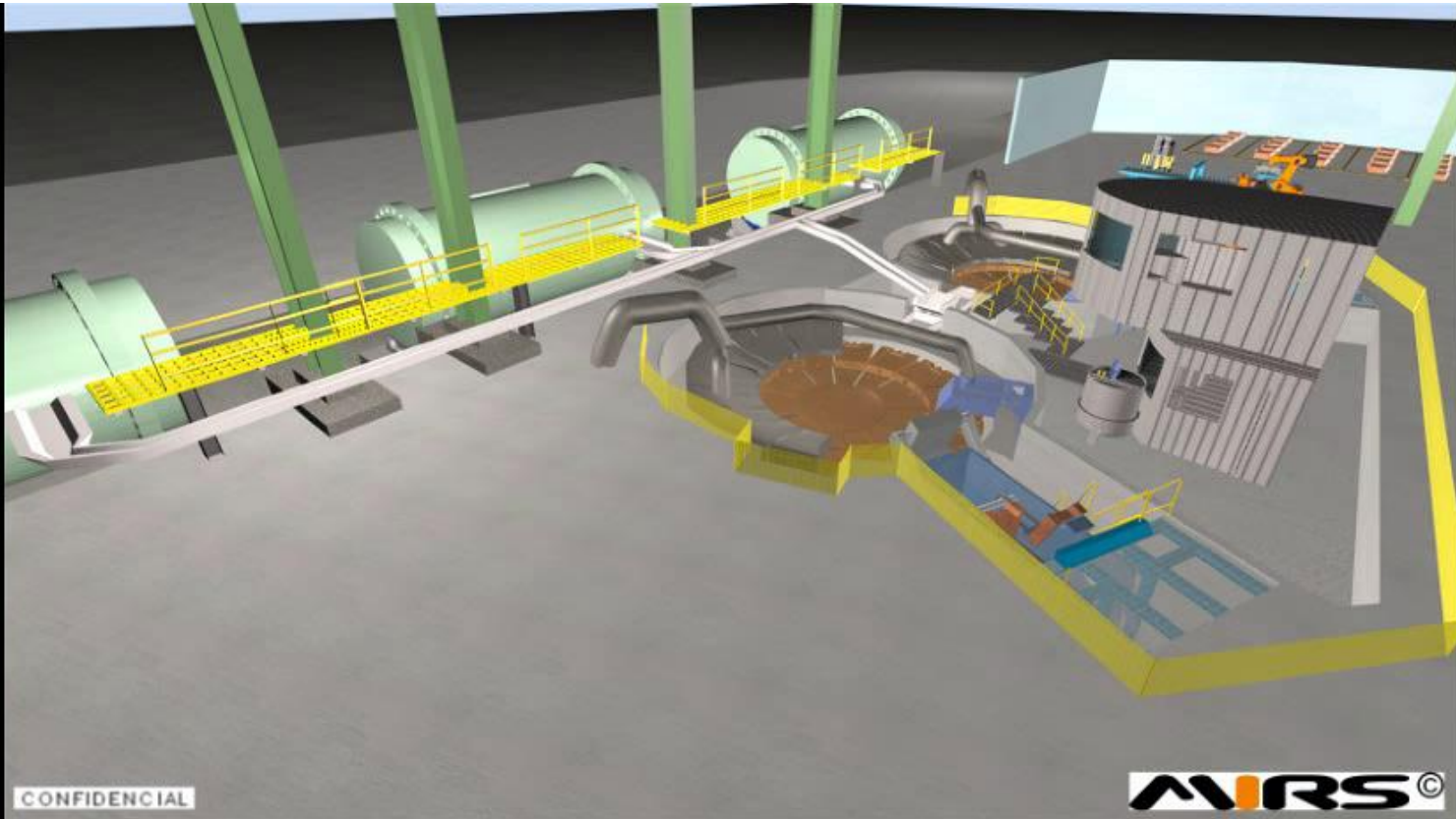


**CODELCO**  
Orgullo de Todos



# Sistema Robótico Manipulación, Control de Calidad y Eliminación de Rebabas de Ánodos

Video



Copyrights © 2012 CODELCO-CHILE. Todos los Derechos Reservados. | Copyrights © 2012 by CODELCO-CHILE. All Rights Reserved.

Casa Matriz |




**CODELCO**  
Orgullo de Todos



Título			
<i>Sistema Robótico para despegue de láminas iniciales desde placas de titanio</i>			
Datos Generales			
<b>División</b>	Ventanas	<b>Sponsor</b>	Gerardo Sánchez
<b>Gerencia</b>	Gerencia Op. FURE	<b>Cliente</b>	Rodrigo Ábel
<b>Unidad</b>	Refinería	<b>Ejecutor</b>	Div. VENT



Indicadores SSO			
<b>Peligro</b>	Exposición a trabajo reiterado en extremidad superior y sobrecarga postural en muñeca, codos y columna. Exposición a ambiente agresivo. Exposición a paso de puente grúa.		
<b>Riesgo</b>	Lesiones lumbares, esguinces. Atrapamientos, golpes, caídas, amputaciones traumáticas.		
<b>Expuestos</b>	7	<b>Criticidad</b>	Inaceptable 
<b>ECF</b>	7	<b>EST</b>	4

Criterios			
<b>Justificación</b>	SO	<b>Tecnología</b>	Robotización
<b>Estado Avance</b>	Factibilidad Terminada	<b>Replicable</b>	Sí

Recursos Requeridos			
<b>Tipo</b>	Aprob. API	<b>Personas</b>	N/A
<b>Presupuesto</b>	K USD 5.667	<b>Tiempo</b>	14 Meses

<b>Compromiso Diciembre 2012</b>	<b>Inicio Ingeniería Detalles</b>
----------------------------------	-----------------------------------

### Descripción Problema:

- Actividad de despegue de láminas iniciales se realiza en forma manual con cuchillos cortadores, barretillas y gran cantidad de recurso humano. Estudios ergonómicos realizados en el puesto del trabajo concluyeron existencia de trabajo repetitivo en extremidad superior. Esto plantea graves problemas de salud ocupacional. Además operadores trabajan dentro de nave con exposición a ambiente agresivo y paso de grúa puente.

### Descripción Solución:

- Solución robótica que reemplaza labores manuales fue probado con éxito vía AIT. API, contempla implementación fase inversional AIT, incluido mejoras a fase I de implementación. Sujeto a validación de KPI del primer sistema se contempla réplica de un segundo sistema robotizado de despegue de láminas iniciales.



# Máquina Despegadora de Láminas Iniciales

Video

---



Copyrights © 2012 CODELCO-CHILE. Todos los Derechos Reservados. | Copyrights © 2012 by CODELCO-CHILE. All Rights Reserved.

Casa Matriz |



**CODELCO**  
Orgullo de Todos





# Desarrollo de Robótica Industrial en Codelco

## Tabla de Contenidos

---

- **Robótica Industrial**
  - Contexto y Definición
  - Valor
- **Situación Actual**
  - Soluciones Implementadas
  - Diagnóstico
- **Estructura de Trabajo**
  - Lecciones Aprendidas
  - Nueva Metodología
- **Resultados**
  - Cartera Proyectos Robóticos 2012
  - “Top Ten” Emblemáticos SSO
  - Ficha Proyectos Robóticos
- **Conclusiones**

Copyrights © 2012 CODELCO-CHILE. Todos los Derechos Reservados. | Copyrights © 2012 by CODELCO-CHILE. All Rights Reserved.



# Desarrollo de Robótica Industrial en Codelco

## Conclusiones

---

- Lecciones aprendidas han permitido establecer un nuevo impulso de desarrollo en el área, generando una nueva cartera de proyectos robóticos.
- Nuevos proyectos se han desarrollado bajo una metodología estructurada y se justifican principalmente en la Seguridad y Salud Ocupacional y en segundo orden por aumento de productividad.
- La implementación de estos proyectos se realizará principalmente durante el 2013 a lo que se espera se sumen nuevas iniciativas bajo esta metodología, para una consolidación definitiva de la robótica industrial en CODELCO y la minería nacional.

Copyrights © 2012 CODELCO-CHILE. Todos los Derechos Reservados. | Copyrights © 2012 by CODELCO-CHILE. All Rights Reserved.





# Desarrollo de Robótica Industrial en Codelco Chile

---

Gracias por su atención  
Consultas y Preguntas

