



**UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**PLAN DE NEGOCIOS PARA DESARROLLO DE SPIN-OFF EN SERVICIOS DE INTEGRIDAD
DE TUBERÍAS**

**TESIS PARA OPTAR AL GRADO DE MAGÍSTER EN GESTIÓN Y DIRECCIÓN DE
EMPRESAS**

JOSÉ CARLOS ESCÁRATE GÓMEZ

**PROFESOR GUÍA:
JORGE ALBERTO LARA BACCIGALUPPI**

**MIEMBROS DE LA COMISIÓN:
ANTONIO AGUSTÍN HOLGADO SAN MARTÍN
LUIS NAVARRO ROJAS**

**SANTIAGO DE CHILE
2015**

RESUMEN

Se desarrolla el plan de negocios de Brass Chile S.A. para crear una spin-off dedicada a los servicios de “Integridad de Tuberías”. El sistema de transporte por tubería o *pipeline* es crítico puesto que tiene altas tasas de utilización, superior al 98% del año, y en muchos casos, prácticamente toda la producción de las compañías se transporta por este sistema. Aunque los *pipelines* tienen altas tasas de seguridad debido a que han sido diseñados y construidos de acuerdo a códigos internacionales y a las buenas prácticas de la ingeniería, esto no impide que igualmente puedan fallar. Por otro lado reducciones importantes en la producción de algunas compañías mineras han cambiado los lineamientos directivos, los que actualmente se orientan hacia la mejora de los niveles de seguridad y productividad.

A través de la adaptación de metodologías existentes en la industria del petróleo y gas, los servicios de integridad que se presentan en este plan de negocios permiten disminuir la probabilidad de ocurrencia de una falla en los sistemas de impulsión. El valor que recibirá el cliente se genera a través de mayor confiabilidad en la operación, mayor eficiencia y eficacia de las operaciones y el aplazamiento del reemplazo de la tubería.

El mercado potencial contempla todas las empresas que utilizan como medio de transporte un concentraducto, relaveducto, acueducto, gasoducto u oleoducto. Sin embargo, el *target* corresponde a las empresas de la gran minería con las que BRASS mantiene una sólida red de contactos.

El servicio completo de integridad ha sido particionado en tres etapas secuenciales: auditorías que incluyen la recolección de datos y el diagnóstico; la medición y evaluación de la integridad; y apoyo a las reparaciones o rehabilitación del *pipeline*. Además, se consideran servicios complementarios de mantenimiento y entrenamiento de operadores. Los servicios implican el desarrollo de estudios y evaluación mediante *software* en las oficinas de BRASS. También se contempla la subcontratación de empresas especialistas en medición de espesores y construcción de *pipeline*.

Considerando un pronóstico de ventas y una tasa de descuento de 20% anual, el VAN después de impuestos para los primeros 5 años es de 366 UF y la TIR resultante es de 20,8%. Se requiere una inversión inicial de 9.059 UF para desarrollo de *software* y promoción. El *payback* o período de retorno se produce al finalizar el quinto año. El punto de equilibrio resultante se produce cuando se alcanzan aproximadamente las 9.550 UF en ingresos netos vendidos, el cual se alcanzaría a partir del séptimo trimestre, antes de cumplir dos años de operaciones. La cantidad de UF vendidas tiene un equivalente en más de 5.000 HH de ingeniería. También se realiza un análisis de sensibilidad de Montecarlo considerando variaciones en los ingresos, precio de venta, costo de la ingeniería y tasa de interés de corto plazo. El análisis indica que la probabilidad de que el VAN después de impuestos resulte positivo es de 74%.

Considerando la propuesta de valor, el análisis financiero positivo al término del quinto año y la importante diversificación en los servicios de BRASS, se recomienda implementar la spin-off de servicios de integridad.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo es fruto de la colaboración de muchas personas que trabajan en BRASS, su tiempo y conocimientos han permitido realizar este trabajo... José Díaz hizo valiosos aportes en conocimientos de integridad, de clientes y fue quien me propuso este tema; Roy Betinol por su apoyo en la estrategia de la empresa y contacto con los clientes; Luis Navarro por sus conocimientos en integridad y sistemas de impulsión, Patricio Matamala y José Valenzuela por su percepción acerca de las necesidades de los clientes; Alejandro Gantz por el apoyo sobre el mercado de la ingeniería; César Retamal por su apoyo en el análisis financiero; Ingrid flores por información de las certificaciones de calidad.

Nuevamente a todos ellos ¡Muchas Gracias!

También tengo que agradecer la paciencia de mi esposa Alejandra quien ha tenido que soportar por harto tiempo mi alejamiento durante la realización de este MBA.

TABLA DE CONTENIDO

1.	INTRODUCCIÓN	1
2.	ANTECEDENTES	3
2.1	El Mantenimiento	3
2.2	Integridad de Tuberías	4
2.3	Servicios de Integridad de Tuberías	5
2.4	Metodología de los Sistemas de Gestión de Integridad.....	7
3.	ESTUDIO DE MERCADO	9
3.1	Empresas de Transporte por tubería.....	9
3.2	Benchmarking	11
3.3	Investigación Cualitativa.....	13
3.4	Industria Mundial de la Integridad de Tuberías.....	13
3.5	Industria Chilena de Integridad de Tuberías.....	14
3.6	Cinco Fuerzas de Porter	15
3.6.1	Poder de Negociación de los Contratantes.....	16
3.6.2	Poder de Negociación de los Socios Estratégicos	17
3.6.3	Amenaza de Nuevos Participantes	17
3.6.4	Amenaza de Servicios Sustitutos.....	17
3.6.5	Rivalidad de los competidores de la Industria	17
3.6.6	Conclusiones	17
4.	ANÁLISIS DEL ENTORNO EXTERNO	18
4.1	Situación Política y Legal	18
4.2	Aspectos Económicos Relevantes	19
4.2.1	Crecimiento del País.....	19
4.2.2	Tasa de interés.....	19
4.2.3	Combustibles: Petróleo y Gas	20
4.2.4	Minería	22
4.3	Tendencias Sociales	25
4.4	Tendencias Tecnológicas.....	26
5.	ANÁLISIS INTERNO	27
5.1	Brass Chile S.A.	27
5.2	Cadena de valor.....	28
5.3	Análisis de los recursos.....	29
5.3.1	Recursos tangibles	29
5.3.2	Recursos intangibles	29
5.4	Capacidades	30
5.5	Ventajas Competitivas y Sostenibilidad.....	31
6.	FORMULACIÓN DE LA ESTRATEGIA	32
6.1	FODA.....	32
6.1.1	Oportunidades	32
6.1.2	Amenazas	32
6.1.3	Fortalezas.....	33
6.1.4	Debilidades.....	33
6.2	Estrategia de BRASS Ingeniería	35
6.3	Desarrollo de la Spin-off.....	35

6.4	Aplicación del modelo DELTA	36
6.5	Estrategia de negocios para los servicios de integridad	37
6.5.1	Objetivos Estratégicos de la spin-off	37
6.5.2	Innovación	37
6.5.3	Visión y misión	38
6.5.4	Factores Críticos de Éxito	38
7.	MODELO DE NEGOCIO	39
7.1	Segmentos de clientes	39
7.2	Canales	39
7.3	Relaciones con Clientes	39
7.4	Fuentes de Ingresos	39
7.5	Propuesta de Valor	39
7.6	Actividades Claves	40
7.7	Recursos Clave	40
7.8	Socios Clave	40
7.9	Estructura de Costos	40
8.	PLAN DE MARKETING	42
8.1	Diagnóstico	42
8.2	Estrategia del plan de marketing	42
8.2.1	Objetivos del plan de marketing	43
8.2.2	Segmentación	43
8.2.3	Posicionamiento	44
8.2.4	Targeting	44
8.3	Marketing Mix	45
8.3.1	Precio	45
8.3.2	Productos	45
8.3.3	Plaza	45
8.3.4	Promoción	47
8.3.5	Costo de la promoción	48
8.3.6	Control	48
9.	MODELO Y PLAN DE OPERACIONES	49
9.1	Mapas Estratégicos	49
9.2	Localización	49
9.3	Sourcing	52
9.4	Cadena de Valor	54
9.4.1	Promoción	54
9.4.2	Inversiones en desarrollo	54
9.4.3	Logística de entrada - Ventas:	55
9.4.4	Operaciones	55
9.4.5	Logística de salida - Post-venta	56
9.4.6	Actividades de apoyo	56
9.5	Procesos	56
9.6	Costeo	59
9.7	Abastecimiento Estratégico	59
9.8	Certificaciones y Aseguramiento de la Calidad	60
10.	PLAN DE IMPLEMENTACIÓN	61

11.	PLAN DE PERSONAS	64
11.1	Descripción de Cargos y Organigrama.....	64
11.2	Selección	70
11.3	Plan de Capacitaciones.....	70
11.4	Evaluación	73
11.5	Plan de Incentivos.....	73
11.6	Plan de Carrera y Retención de Talento	73
11.7	<i>Knowledge Management</i>	75
11.8	Costeo del Plan de Personas	76
12.	ANÁLISIS FINANCIERO	77
12.1	Proyección de ventas.....	77
12.1.1	Ciclo de ventas	77
12.1.2	Estimación de ingresos.....	78
12.2	Inversiones en desarrollo	79
12.3	Financiamiento.....	79
12.4	Flujos de Caja	80
12.5	Indicadores	82
12.6	Análisis de Sensibilidad.....	82
13.	CONCLUSIONES	84
14.	BIBLIOGRAFÍA	85

ÍNDICE DE ANEXOS

- Anexo A: Entrevistas en profundidad.
- Anexo B: Costeo de los servicios.
- Anexo C: Cálculo Punto de Equilibrio.
- Anexo D: Reglamento de Seguridad para el Transporte y Distribución de Gas de Red (Decreto 280; fecha de publicación 07-04-2010).
- Anexo E: Reglamento de Seguridad para las Instalaciones y Operaciones de Producción y Refinación, Transporte, Almacenamiento, Distribución y Abastecimiento de Combustibles Líquidos (Decreto 160; fecha de publicación 7-7-2009).
- Anexo F: Simulación de Montecarlo.
- Anexo G: Selección de Artículos Técnicos.

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Fallas en tuberías de transporte.....	1
Figura 2: Tipos de mantenimiento.....	4
Figura 3: <i>Fitness for purpose</i>	5
Figura 4: Metodología de Integridad de tuberías.....	7
Figura 5: Elementos que componen un programa de manejo de la integridad.....	8
Figura 6: Proceso típico de un plan de manejo de integridad.....	8
Figura 7: Mercados estimados de servicios de integridad en Chile (MM USD)	9
Figura 8: Mapa perceptual empresas de Integridad	16
Figura 9: Consumo de gas natural en Chile (en miles de metros cúbicos)	21
Figura 10: Estimación del precio del cobre	22
Figura 11: Porcentajes de producción y consumo de <i>commodities</i> por China.....	24
Figura 12: Indicadores de Brass	27
Figura 13: Cadena de Valor de BRASS	28
Figura 14: Niveles de diversificación.....	28
Figura 15: Modelo Delta – Ocho posiciones estratégicas.....	36
Figura 16: Tipos de marketing	42
Figura 17: Selección del <i>targeting</i>	44
Figura 18: Mapa estratégico	50
Figura 19: Mapa de los sistemas de actividades.....	51
Figura 20: Mapa MIT/SLOAN: Combinaciones para insourcing/outsourcing	52
Figura 21: Macro-procesos de las operaciones.....	54
Figura 22: Macro-proceso de integridad de tuberías.....	56
Figura 23: Procesos.....	57
Figura 24: Plan de implementación.....	61
Figura 25: Organigrama BRASS – Integridad	65
Figura 26: Proceso de la capacitación	71
Figura 27: Plan de carrera	74
Figura 28: Integración en un ambiente WEB.....	75
Figura 29: Ciclo de Ventas.....	77

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Empresa que operan <i>pipeline</i> para trasporte.....	10
Tabla 2: Servicios de Penspen Integrity	11
Tabla 3: Empresas dedicadas a la integridad de <i>pipeline</i>	14
Tabla 4: Indicador Crecimiento PIB (%) Chile	19
Tabla 5: Tasa de interés comercial	19
Tabla 6: Indicador Actividad Promedio Móvil Anual Sector Ingeniería de Consulta en Minería .	23
Tabla 7: Matriz FODA	34
Tabla 8: Modelo del Negocio	41
Tabla 9: Precios referenciales de BRASS.....	45
Tabla 10: Productos/Servicios	46
Tabla 11: Presupuesto promoción marketing.....	48
Tabla 12: Actividades <i>outsourcing/insourcing</i>	53
Tabla 13: Inversiones en desarrollo	55
Tabla 14: Costeo de los Servicios.....	59
Tabla 15: Abastecimiento estratégico	60
Tabla 16: <i>Balance Scorecard</i> - Servicios de integridad.....	62
Tabla 17: Perfiles Puestos de trabajos.....	66
Tabla 18: Cursos de capacitación	72
Tabla 19: Escala de sueldos bruto.....	76
Tabla 20: Proyección de ventas.....	78
Tabla 21: Gastos de la inversión.....	79
Tabla 22: Capital del trabajo	80
Tabla 23: EBITDA, EBIT y Utilidades.....	81
Tabla 24: Cálculo del VAN, TIR y Payback	82
Tabla 25: Resultado modelación de Montecarlo	83
Tabla 26: Plan de riesgos	83

1. INTRODUCCIÓN

Un *pipeline* de impulsión es una tubería de varios kilómetros que está enterrada o sobre terreno y mediante presión transporta fluidos como agua, combustibles o concentrados de mineral. El bombeo generalmente se inicia en las instalaciones de producción, él que luego se mueve por la tubería hasta un terminal ubicado en una estación de transferencia o puerto. En Chile, la longitud de estos ductos pueden variar entre los 10 y 200 km. El diseño y operación ha sido concebido según las necesidades y ritmos de producción de los procesos. Permite un funcionamiento continuo, 24 horas al día y todos los días del año, exceptuando el tiempo reservado al mantenimiento o la reparación de los sistemas. Uno de los primeros ductos de transporte en funcionamiento en Chile data desde 1959, el cual permitió bombear petróleo desde Concón hasta Maipú¹.

Aunque las tuberías de impulsión tienen altas tasas de seguridad debido a que han sido diseñadas y construidas de acuerdo a códigos internacionales y a las buenas prácticas de la ingeniería, esto no impide que igualmente puedan fallar. Acontecimientos de fuga como los mostrados en la figura 1 producen complicaciones operativas y en las relaciones que la empresa mantiene con la comunidad. A pesar de que las fallas pueden ser provocadas por una multiplicidad de factores tales como, una mala operación, fuerzas externas incontrolables, corrosión atípica, actos de sabotaje, etcétera, es conveniente poder prevenirlas de forma proactiva. Los servicios de “Integridad de Tuberías” permiten disminuir la probabilidad de la ocurrencia de este tipo de fallas.



Fuente: *Sissonville WV pipeline failure*
<http://corrosioncontrolengineer.wordpress.com>

Fuente: *Rio Pipeline Conference Proceedings*

Figura 1: Fallas en tuberías de transporte

Brass Chile S.A.² (BRASS) es una empresa internacional de ingeniería que opera en el sector minero, que tiene como mayor fortaleza, la experiencia de sus profesionales en el diseño, puesta en marcha y soporte a la operación en sistemas de transporte por tubería. Este trabajo

¹ Según http://es.wikipedia.org/wiki/Sociedad_Nacional_de_Oleoductos

² Ver <http://www.brass.cl/>

de tesis aborda el plan de negocios de BRASS para fomentar una “spin-off” dedicada a los servicios de “Integridad de Tuberías”. Estos servicios corresponden al mantenimiento preventivo permitiendo establecer un chequeo del estado de la tubería o salud de las instalaciones, determinar la capacidad de transporte de las instalaciones, medir el riesgo y desarrollo de planes de gestión para una operación segura. Abarcan desde la puesta en marcha de las instalaciones hasta el término de su vida útil.

Actualmente la minería a nivel mundial enfrenta una reducción importante en los niveles de inversión. Luego de varios años de intensiva generación de proyectos, las oficinas de ingeniería han iniciado un proceso de decrecimiento. A pesar de la coyuntura, aparecen nuevas y valiosas oportunidades, puesto que en la medida que los proyectos comienzan a materializarse, se generan nuevas necesidades de operación en las instalaciones. Junto con la tendencia de mayor resguardo del medioambiente aparece otra como la búsqueda de mayor confiabilidad, lo que hace atractivo diseñar una buena oferta en servicios de integridad de tuberías. Se debe considerar que los sistemas de impulsión son críticos puesto que tienen altas tasas de operación, superiores al 98% del año, y debido a que prácticamente toda la producción es transportada por estos sistemas.

En este trabajo de tesis se propone el desafío de ofrecer valor al cliente entregando un servicio que permitirá medir la confiabilidad de los sistemas de impulsión y tener certeza del cumplimiento de las metas de producción. Además, muestra una oportunidad de diversificación de la cartera de servicios de BRASS. El plan de negocios propuesto se realizará mediante estudios de mercado; determinación de las ventajas competitivas y capacidades de la empresa; modelo de negocios y operaciones; definición de los nuevos servicios; establecimiento de los planes funcionales, plan de operación, ventas, personas y análisis de la viabilidad financiera.

El objetivo general de este plan de negocios será indicar la factibilidad de desarrollar la spin-off BRASS – Integridad de Tuberías.

2. ANTECEDENTES

En este capítulo se revisan los principales conceptos técnicos que rodean a los servicios de integridad.

2.1 El Mantenimiento

En la industria el mantenimiento se define habitualmente como el conjunto de técnicas destinados a conservar equipos e instalaciones en servicio durante el mayor tiempo posible, buscando la más alta disponibilidad y con el máximo rendimiento. No obstante, el mantenimiento ha evolucionado con los años, sus inicios como disciplina datan de la introducción de la producción en serie, donde se separa de las labores cotidianas de la producción. Al principio el mantenimiento solo fue correctivo, dedicado íntegramente a solucionar las fallas que se producían en las instalaciones. Luego de la segunda guerra mundial aparece el mantenimiento preventivo sistemático; donde ya no solo se buscaba solucionar las fallas, sino que anticiparse a estas previniéndolas mediante actuaciones de carácter periódico, planificadas con antelación. En los años 80, se incorpora el concepto de fiabilidad, desarrollándose nuevos métodos de trabajo y haciendo que la técnica del mantenimiento derive en varias vertientes:

- i. Robustez en el diseño, donde se busca un diseño a prueba de fallas y que minimice el mantenimiento.
- ii. Mantenimiento predictivo por condición, donde el requisito para que se pueda aplicar una acción preventiva, es que la falla incipiente genere señales o síntomas de su existencia, tales como; alta temperatura, ruido, ultrasonido, vibración, partículas de desgaste, alto amperaje, etcétera.
- iii. El RCM o *Reliability Centered Maintenance*, que corresponde a un estilo de gestión en mantenimiento, basado en el estudio de los equipos e instalaciones, en el análisis de los modos de falla (que han ocurrido o que podrían ocurrir) y en la aplicación de técnicas estadísticas y tecnología de detección.
- iv. El CMMS o *Computerized Maintenance Management System*, que emplea el uso de la informática para el manejo de todos los datos del mantenimiento: órdenes de trabajo, gestión de las actividades preventivas, gestión de materiales, gestión de costos, etcétera, buscando juntar y tratar todos estos datos para convertirlos en información útil para la toma de decisiones.
- v. El TPM o *Total Productive Maintenance*, que corresponde a una filosofía japonesa cuyo objetivo es lograr cero fallas mediante el involucramiento de toda la organización. Algunas de las tareas realizadas normalmente por el personal de mantenimiento son transferidas a los operarios de producción, tales como, limpieza, lubricación, ajuste, reapriete de pernos y pequeñas reparaciones. Hay que notar que el TPM se basa en la formación, motivación e implicación del equipo humano, en lugar de la tecnología.

En los años 90 se incorpora el concepto *World Class Management*, cuyo objetivo es generar competitividad en el negocio, lo que se traspa a las técnicas del mantenimiento a través de métodos de trabajos eficaces y eficientes. Y a partir de este siglo se incorpora la “terotecnología”, lo que significa considerar el estudio y gestión del activo o recurso desde su adquisición hasta su final en la etapa de desmantelamiento. Combina experiencia y

conocimiento para lograr una visión holística del impacto del mantenimiento sobre el proceso de producción, buscando mejoras técnicas y económicas.

La figura 2 muestra algunos de las diferentes técnicas de mantenimiento mencionadas, donde los servicios de inspección de tuberías pueden ser clasificados como un mantenimiento de conservación, de carácter preventivo predictivo, cuyas actividades de reparación probablemente se programen para los mantenimientos preventivos de oportunidad de las plantas de producción.

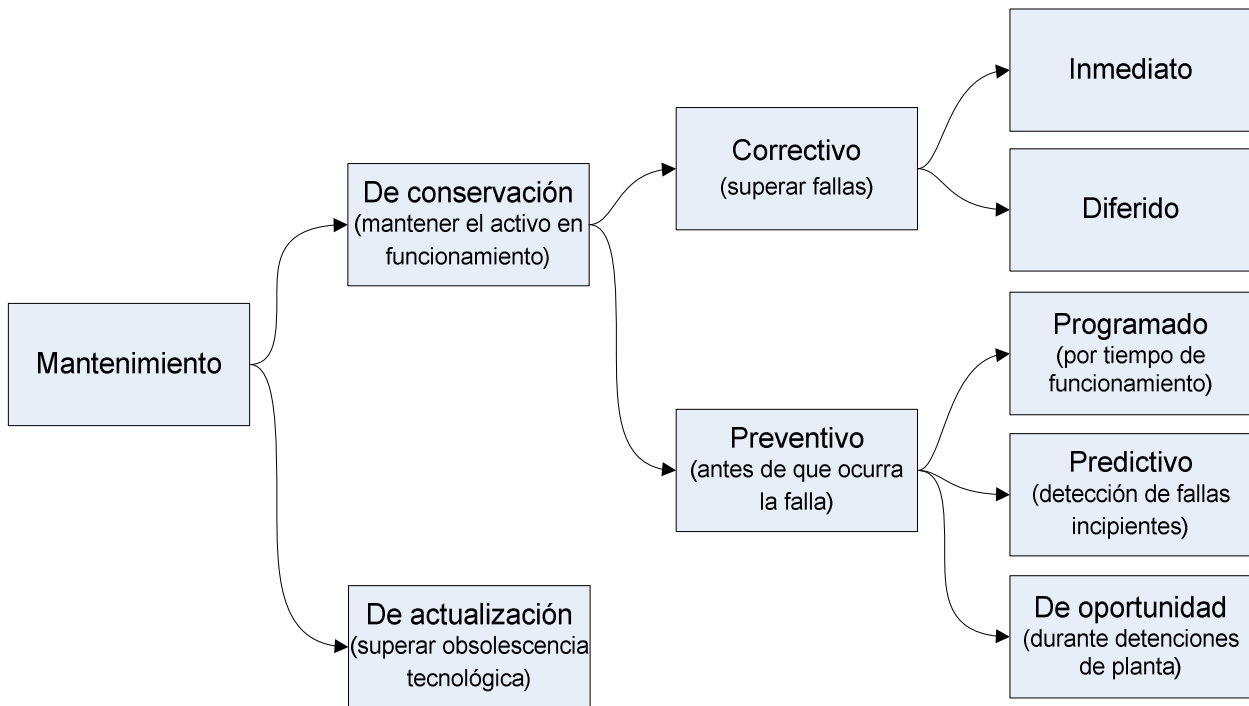


Figura 2: Tipos de mantenimiento

Fuente: <https://es.wikipedia.org/wiki/Mantenimiento>

2.2 Integridad de Tuberías

La integridad de un *pipeline* o *fitness for purpose* (FFP) considera como mínimo lo siguiente:

- Capacidad para desempeñar la función de transporte para la cual fue diseñado de manera eficiente y efectiva.
- Siempre salvaguardando la seguridad y salud tanto de las personas involucradas en la operación como la de cualquier vecino a las instalaciones y sin afectar el medio ambiente.
- Por medio de la reducción de situaciones peligrosas y bajando los riesgos a un nivel bajo y razonablemente práctico para las condiciones normales, lo mismo para los casos de emergencia.

La figura 3 muestra la evolución típica del FFP y de la frecuencia de fallas (línea roja) en las diferentes etapas de un *pipeline*: diseño, construcción, puesta en marcha, operación, extensión de la vida útil u obsolescencia planificada.

Fitness for purpose (FFP) graph

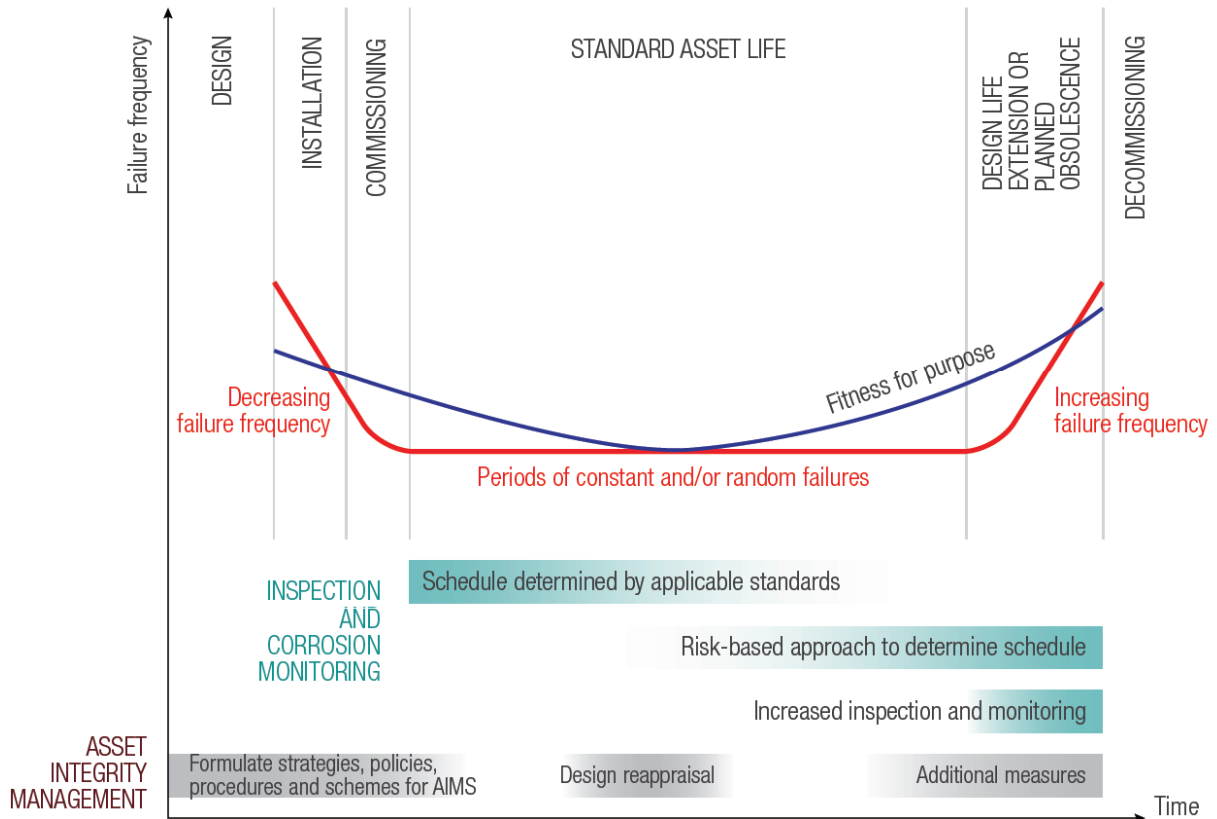


Figura 3: Fitness for purpose

Fuente: Department of Mines and Petroleum, 2012, Evaluation of asset integrity management system (AIMS) – guide: Resources Safety, Department of Mines and Petroleum, Western Australia

Los servicios de integridad se han masificado en la industria de los hidrocarburos creando allí un mercado competitivo. Dentro de las razones o motivos por los cuales una empresa requiere mediciones de integridad en sus instalaciones se encuentran:

1. Requerimientos de códigos, leyes o los reglamentos propios de la compañía.
2. Mejora de los estándares de seguridad.
3. Cubrir la falta de documentación que no permite una correcta toma de decisiones.
4. Necesidad de incrementar la capacidad de transporte del *pipeline*.
5. Venta de las instalaciones.
6. Necesidad de bombear otro líquido cambiando el uso.
7. Necesidad de extender la vida útil del *pipeline*.

2.3 Servicios de Integridad de Tuberías

Los servicios de integridad actualmente contemplan una amplia variedad, tales como:

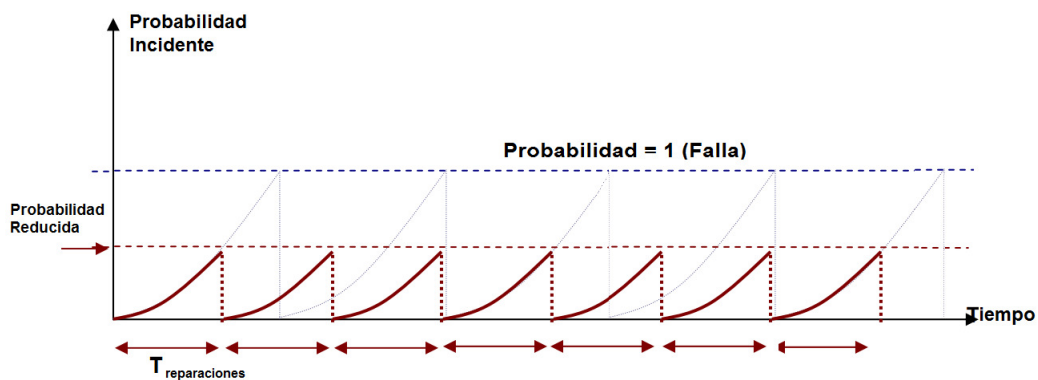
1. Auditoría al diseño, tanto hidráulico como al sistema de comunicaciones y sistema de protección catódica para prevenir la corrosión.
2. Auditoría a la operación y mantenimiento.

3. Sistemas de detección de fugas a través de:
 - i. Balance de masa o medición del flujo en el inicio y término del transporte.
 - ii. Detección de ruidos por medio de instrumentación donde las fugas son percibidas por el nivel de ruido que generan.
 - iii. Sensores de fibra óptica.
 - iv. Modelación matemática del pipeline en tiempo real y comparación con los datos de operación.
4. Certificación de los operadores. Generalmente de acuerdo a la norma ASME B31Q *Pipeline Personnel Qualification*.
5. Inspecciones:
 - i. Monitoreo satelital y cartografía GIS (*Geographical Information Systems*).
 - ii. ILI, *In-line Inspection*, mediante uso de pig inteligente, los que permiten detectar una gran variedad de defectos: geometría, *mapping*, fugas, pérdidas de revestimiento, pérdidas de metal y grietas. Hay dos tecnologías MFL (*magnetic flux leakage*) y ultrasonido.
 - iii. Control de la calidad del fluido (composición química) para descartarlo como fuente de corrosión.
 - iv. Metodologías de relevamiento de potenciales eléctricos (CIS, DCVG, ACVG), lo que permite analizar la efectividad y el estado de la protección catódica de la cañería, además del efecto del apantallamiento catódico. También se contempla la verificación de rectificadores, fuentes de corriente impresa, control de medios protectores de la corriente impresa, verificación de interruptores de corriente inversa, diodos, enlaces de interferencia, equipos críticos de control, etcétera.
 - v. Inspección visual de fallas geológicas, movimientos de tierra, socavaciones en cruces de quebradas, ríos, canales y/o atravesos vehiculares controlados y no controlados.
6. Evaluaciones de integridad o FFP *Fitness For Purpose*: Estudio que determina si la tubería cumple con su función de diseño. Para esto se considera la medición de los defectos en la pared de la tubería, el cálculo de la vida remanente y las capacidades para prestar otros servicios. También se mide el riesgo y la confiabilidad, generando la capacidad de gestionarlos y mitigarlos hasta un nivel de probabilidad aceptable.
7. Sistemas para administrar y manejar la información de inspecciones y programar los planes mantenimiento de las instalaciones.
8. Mantenimientos predictivos: Reparaciones de los revestimientos externos y de superficies afectadas por pérdida de metal por corrosión
9. Sistema de gestión de la integridad: Corresponde al conjunto de acciones coordinadas cuyo objetivo es mantener, durante la vida útil del ducto o tubería y sus instalaciones, el desempeño previsto en su diseño. Donde se debe administrar eficientemente los riesgos asociados a las amenazas posibles y las consecuencias derivadas de una falla, en materia de ambiente, salud, seguridad industrial, imagen corporativa, clientes, pérdidas económicas, y seguridad física, enmarcadas dentro de la política de responsabilidad social y de ambiente, salud y seguridad industrial de las compañías operadoras. Los sistemas están basados en la normativa internacional y en las mejores prácticas de la ingeniería y operación.

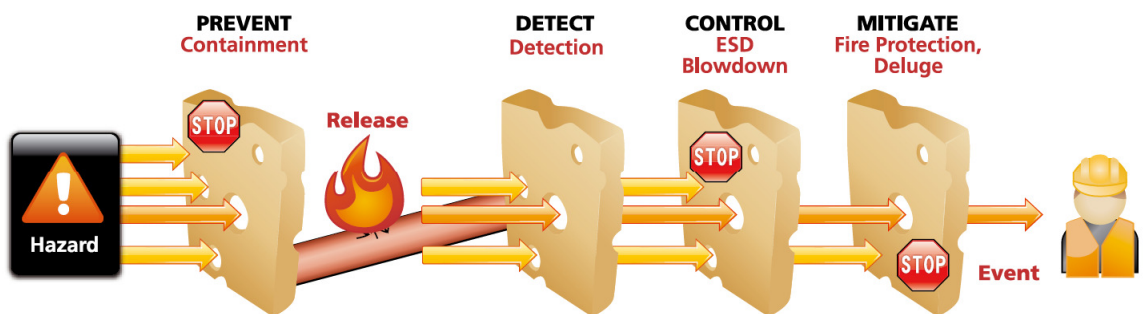
2.4 Metodología de los Sistemas de Gestión de Integridad

La figura 4 muestra el concepto básico detrás de un sistema de gestión de integridad. La probabilidad de una falla en el sistema se reduce cuando periódicamente se realiza mantenimiento preventivo, se implementan sistemas de detección, se actualizan los sistemas de control y se confecciona un plan de acciones de mitigación que bajan los riesgos de la ocurrencia de un evento. Al mismo tiempo permite asegurar funcionamiento continuo durante la vida útil de las instalaciones.

La figura 5 muestra los elementos primordiales que debe considerar una compañía que contempla un programa de integridad según las prescripciones de la norma B31.8S *Managing System Integrity of Gas Pipelines*³. La figura 6 muestra el proceso típico en la evaluación de la integridad.



Fuente: www.penspenintegrity.com



Fuente: Department of Mines and Petroleum, 2012, Evaluation of asset integrity management system (AIMS) – guide: Resources Safety, Department of Mines and Petroleum, Western Australia

Figura 4: Metodología de Integridad de tuberías

³ <https://law.resource.org/pub/us/cfr/regulations.gov.docket.03/asme.b31.8s.commentary.pdf>

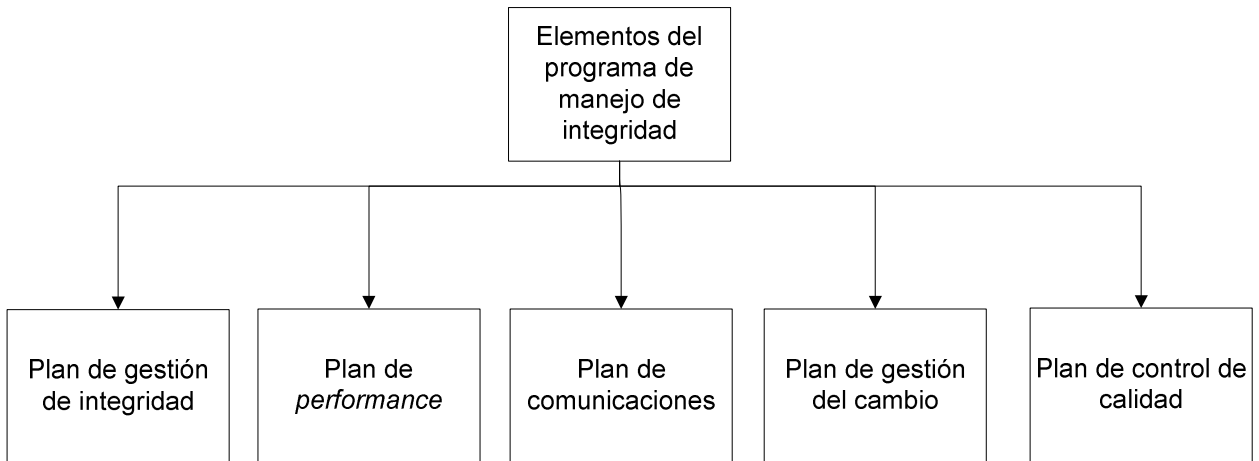


Figura 5: Elementos que componen un programa de manejo de la integridad

Fuente: ASME B31.8S

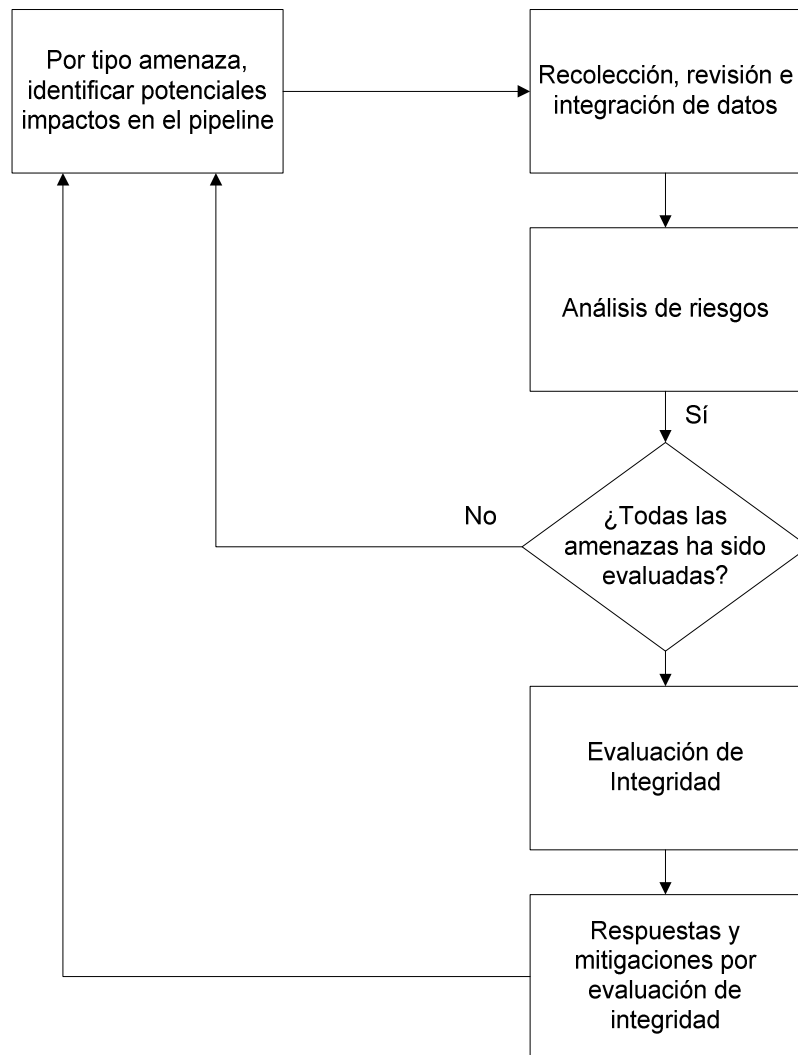


Figura 6: Proceso típico de un plan de manejo de integridad

Fuente: ASME B31.8S

3. ESTUDIO DE MERCADO

3.1 Empresas de Transporte por tubería

La figura 7 indica una estimación del gasto anual en contratación de servicios en integridad realizado por las empresas que en Chile transportan a través de *pipeline*. La tabla 1 muestra las empresas más importantes, los ingresos recibidos durante el año 2013, el líquido a transportar, cuales han o están implementado un sistema de gestión de integridad. Según el tipo de producción es posible categorizarlas de la siguiente manera:

- Compañías mineras que explotan cobre, donde figuran: Collahuasi, Escondida, Los Pelambres, Esperanza, Andina y Los Bronces. Son las empresas que registran los mayores ingresos y también disponen de mayores presupuestos para mantenimiento.
- Compañías mineras que explotan hierro donde figura CAP con dos faenas. Caracterizada por un menor margen de explotación debido al menor precio del hierro.
- Compañías mineras que por *pipeline* sólo impulsan agua para el proceso, tales como, Candelaria, Mantoverde de Anglo y Sierra Gorda.
- Compañías que transportan gas. Luego de la habilitación de las plantas regasificadoras en los puertos de Mejillones y Quinteros, los gasoductos han vuelto a entrar en servicio puesto que pueden ser usados primero como estanques y luego para impulsar el gas que han almacenado.
- Compañías de petróleo. Solo se encuentran operando normalmente SONACOL y ENAP en la regiones séptima y octava, las operaciones en Magallanes se encuentran detenidas.

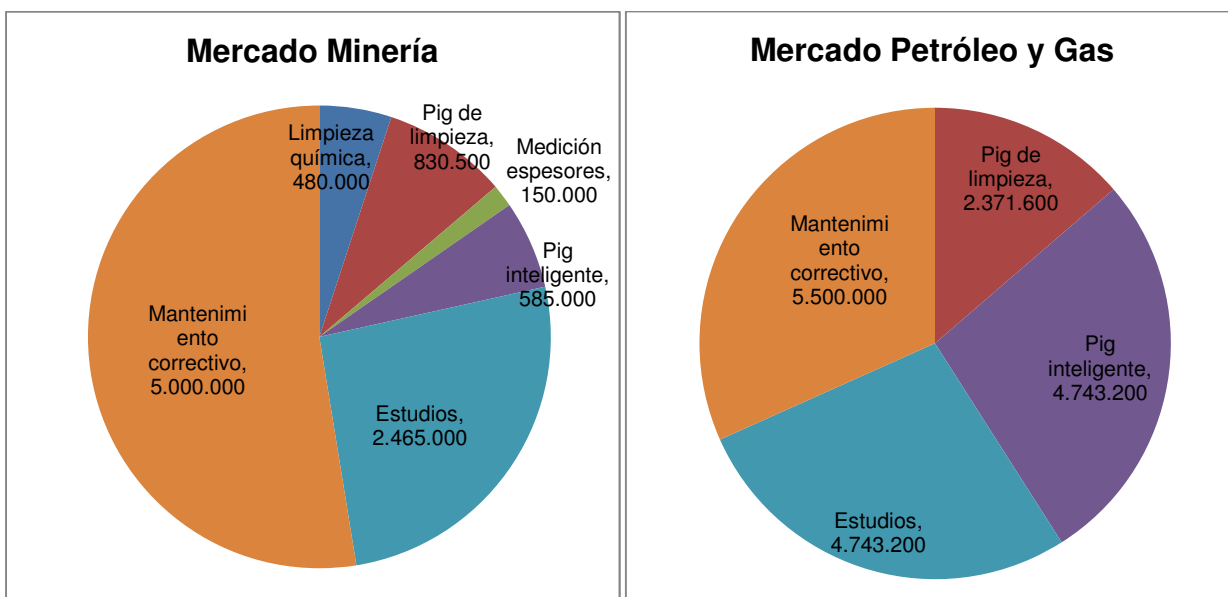


Figura 7: Mercados estimados de servicios de integridad en Chile (MM USD)

Fuente: Elaboración propia

Empresa	Producto	Longitud (km)	Ubicación	Ingresos 2013 (MM USD)	Incidentes medio-ambientales	Tiene SGI	Planes para creación SGI
Sonacol	PL/LPG	465	Valparaíso – Santiago	78	Sí	Sí	-
Enap	PL/LPG	350	Talcahuano – San Fernando	11.267	Sí	Sí	-
	PL/LPG/Crudo	>300	Tierra del Fuego – Punta Arenas				
	Gas	310					
Gasatacama	Gas	941	Cornejo (Salta) – Mejillones	357	No	Sí	-
	Gas	224	Taltal				
Norandino	Gas	1.180	Argentina – Mejillones	116	No	Sí	-
Gasandes	Gas	467	La Mora – San Bernardo	-	No	Sí	-
Electrogas	Gas	165,7	Quintero – San Bernardo	36	No	Sí	-
	Diesel	20,5	Concón - Lo Venecia				
Innergy	Gas	77	Concepción	53	No	Sí	-
G. del Pacífico	Gas	543	Argentina – Talcahuano	16	No	Sí	-
Collahuasi	C Cu	200	Región de Tarapacá	2.987	Sí	No	Sí
Escondida	C Cu	360	Puerto Coloso – Mina Escondida	8.865	Sí	No	Sí
	Agua desalada	180					
Los Pelambres	C Cu	120	Los Vilos – Valle del Choapa	3.129	Sí	Sí	-
Andina	C Cu	65	Los Andes	1.978	Sí	No	-
Los Bronces	C Cu	56	Santiago – Las Tórtolas	2.538	Sí	No	-
Mantoverde	C Cu	40	El Salado - Chañaral	625	No	No	-
Esperanza	C Cu	120	Michilla – Sierra Gorda	1.455	No	No	Sí
	Agua de mar	120					
Hierro Atacama CAP	C He	200	Región de Copiapó	238	No	No	Sí
	Agua desalada	80					
Candelaria	Agua desalada	78	Región de Copiapó	-	-	No	No
Sierra Gorda	Agua de mar	120	Mejillones – Sierra Gorda	-	No	No	-

Tabla 1: Empresa que operan *pipeline* para transporte

Notas: PL: Productos Limpios, dentro de esta categoría se encuentra la gasolina, *diesel*, *kerajet*, *kerosene* y *diesel* térmicas.
LPG: Gas Licuado; C Cu: Concentrado de Cobre; C He: Concentrado de Hierro SGI: Sistema de gestión de integridad.

Fuente: Recopilación de información publicada en internet y entrevistas con profesionales del sector minero.

3.2 Benchmarking

La tabla 2 muestra la gama de servicios ofrecidos por *Penspen Integrity*, empresa internacional que realiza servicios de integridad, principalmente para petróleo y gas, las ventas anuales de esta compañía están del orden de los 100 MM de USD⁴.

Servicio	Detalles
Auditorías	<ol style="list-style-type: none"> 1. Cumplimiento de códigos (IGEM/TD/1 y/o ASME B31.4). 2. Cumplimiento de la normativa del cliente. 3. Cumplimiento de aspectos legales. 4. PIMS (Sistema de gestión de integridad de pipeline). 5. <i>Due Diligence Audit</i>, investigación para negocios.
Evaluación de riesgo y confiabilidad.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Evaluaciones de los sistemas de tuberías para determinar la aceptabilidad del diseño o modificación. 2. Evaluaciones para determinar las medidas de mitigación necesarias para los nuevos diseños. 3. Evaluaciones para determinar los sistemas de gestión de seguridad. 4. Evaluaciones de los procedimientos de instalación. 5. Evaluaciones para determinar la aceptabilidad de tuberías con daño. 6. Evaluaciones para determinar el plan de acciones para la modificación de un sistema de tuberías. 7. Evaluaciones para determinar la estrategia de inspección y mantenimiento. 8. Evaluaciones para determinar la estrategia de reparación y rehabilitación. 9. Evaluaciones para determinar la vida remanente y el plan de mitigaciones para extender la vida útil de las tuberías.
Cursos de entrenamiento	<ol style="list-style-type: none"> 1. <i>Pipeline Defect Assessment (PDAC)</i>. 2. Ingeniería en <i>pipeline</i> submarino. 3. PDAC via <i>Online Distance Learning</i>. 4. Evaluación de riesgos en pipeline y gerenciamiento. 5. Ingeniería en <i>pipeline onshore</i>. 6. Ingeniería en <i>pipeline offshore</i>. 7. <i>Practical Pipeline Pigging</i>. 8. Legislación de <i>pipeline onshore</i>. 9. <i>Pipeline Integrity Management</i>. 10. Protección catódica y recubrimientos. 11. Protección catódica avanzada. 12. DCVG/CIPS. 13. <i>Pipeline Defect Assessment Manual (PDAM)</i>. 14. Ética en ingeniería.

Tabla 2: Servicios de Penspen Integrity

Fuente: www.penspen.com

⁴ Ver Anexo A, entrevista a Luis López Gerente General Servicios de Integridad – Región Sur América PENSPEN.

Servicio	Detalles
Reparación y rehabilitación	Desarrollo de una estrategia de planificación y programas para implementar de inspecciones y rehabilitación.
Evaluación de Integridad	<p>Selección de los métodos de inspección apropiados para hallar daños:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Corrosión. • Abolladuras (<i>dents</i>). • Defectos de soldadura. • Defectos de fabricación. • Grietas. • Pandeo térmico. • Levantamientos (<i>spans</i>). • Exposiciones. • Desplazamientos laterales.
PIMS (Sistema de gestión de integridad de pipeline)	Manual o conjunto de manuales que conforman un PIMS, de acuerdo con los códigos ASME B31.8, API 1160, BS PD 8010, DNV RP 116 y CEN 15174. Se incluye inspección basada en riesgo, gestión del cambio, procedimientos de emergencia y reglamentación de acuerdo a la ley.
Inspecciones	A través de 5 especialistas en mediciones por <i>pig</i> inteligente la compañía entrega la mejor recomendación para contratar estos servicios con empresas especializadas.
PDAM Manual de evaluación de defectos del <i>pipeline</i>	Acceso al manual de ingeniería de la compañía con el detalle de las mejores prácticas para evaluar los defectos; mediante procedimientos detallados, métodos y ecuaciones.
Hallazgo riesgos geotécnicos	<ol style="list-style-type: none"> 1. Investigación e inspección de la ruta del pipelines para determinar hallazgos de riesgo de desplazamiento por deslizamientos, subsidencia del suelo, erosiones, socavaciones, fallas geológicas, deshielos, etcétera. 2. Evaluación de riesgo de la amenaza. 3. Análisis no lineal de puntos críticos. 4. Evaluación probabilística de los eventos. 5. Recomendaciones y medidas de mitigación
Corrosión, materiales y soldaduras	<ol style="list-style-type: none"> 1. Selección e inyección de inhibidor. 2. Estimación de la tasa de corrosión. 3. Determinación de la corrosión admisible del sistema. 4. Selección del sistema de revestimiento y especificaciones. 5. Evaluaciones de la corrosividad del suelo y agua. 6. Corrosión por CA y mitigación. 7. Protección catódica y suministro de materiales. 8. Supervisión, comisionamiento y puesta en marcha. 9. Especialistas en recubrimientos en sitio y protección catódica. 10. Supervisión de la protección catódica y gestión de datos.

Tabla 2 (continuación): Servicios de Penspen Integrity

Fuente: www.penspen.com

3.3 Investigación Cualitativa

Se han realizado las siguientes entrevistas en profundidad:

- Iván Roa, Jefe de Operaciones de SONACOL.
- RP, Jefe de Proyecto, Minera de Hierro.
- AR, Superintendente de Planta, Minera de Hierro.
- GM, Jefe de Planta, Minera de Hierro.
- Gerente Mineroducto, Minera de Cobre 1.
- Superintendente de Integridad, Minera de Cobre 2.
- Planificador, Minera de Cobre 3.
- Víctor Parszyk, Consultor experto en corrosión.
- Luis López, Gerente General Servicios de Integridad Región Sur América, PENSPEN.
- Maíra Rejane Marques Samary; Magister en Ciencias Mención Computación.

Los principales hallazgos en las entrevistas son:

- Percepción de un bajo nivel técnico de los operadores. Los que no han estado sometidos a instancias de emergencia, la preparación se ha hecho sobre la base de operación normal.
- Necesidad de implementar planes de integridad.
- No existe un funcionario o departamento encargado de recopilar la información de integridad.
- La inspección interna mediante *pigs* inteligentes es bastante cara, lo que puede hacerla descartable. En algunos casos todavía no existe preocupación al respecto.
- No hay certeza de la vida útil remanente del *pipeline*.
- Existencia de ERP para la gestión del mantenimiento, sin embargo, estos son subutilizados.
- Sistemas de protección catódica mal diseñados, se requiere revisarlos.

3.4 Industria Mundial de la Integridad de Tuberías

Se estima que el mercado global de la seguridad preventiva en *pipeline* en el año 2013 es de 4.350 millones de USD y que crecerá a 6.730 millones de USD en 2018, con una tasa de crecimiento de 9,1%⁵. De acuerdo a estimaciones de IBISWorld⁶, los servicios de manejo de integridad que actualmente tienen un precio promedio de 8.316 USD/milla (o 5.168 USD/km), además anticipan que la tasa de incremento anual será de 2,9%, presentando una baja volatilidad. Las nuevas regulaciones de seguridad y estándares ambientales más exigentes han conducido a los operadores de *pipelines* a seguir desarrollando sus sistemas de integridad. En términos de esta industria serán los gasoductos los que representarán un mayor gasto, seguidos por la industria petroquímica. Algunas de las soluciones de seguridad disponibles en el mercado son las redes SCADA (*Supervisory Control and Data Acquisition*), soluciones de vigilancia, sistemas detectores de fuga e inspecciones directas e indirectas.

La tabla 3 muestra a nivel mundial las principales empresas que entregan servicios de inspección de tuberías mediante *pig* inteligente y/o realizan evaluaciones de integridad. Hay que

⁵ <http://www.accenture.com/SiteCollectionDocuments/PDF/Accenture-Reducing-Pipeline-Risks.pdf>

⁶ <http://www.ibisworld.com/procurement/pipeline-integrity-management-services.html>

notar que solo algunas de estas empresas entregan servicios de apoyo para la creación de sistemas de gestión de integridad.

Empresa	País de procedencia	En Chile	Gestión de Integridad
SGS	Suiza	✓	✓
Morken	Argentina	✓	✓
Intertek	UK	✓	✓
A.Hak Industrial Services BV	Holanda	X	X
PipeWay	USA/Argentina	X	X
Applus RTD	Holanda	X	✓
B.G. Technical Ltd	USA	X	X
Challenger Special Oil Services	Francia	X	X
China Petroleum Pipeline Inspection	China	X	X
CDI	USA	X	X
DSV Pipetronix Limited	Nigeria	X	X
Dacon Inspection Services Co., Ltd	Noruega	X	X
Halfwave AS	Noruega	X	X
Halliburton (Pipeline & Process Services)	USA/Argentina	X	✓
Hunter McDonnell Pipeline Services	Canadá/USA	X	X
LIN SCAN Advanced Pipeline & Tank Services	E. Árabes	X	✓
NDT Global GmbH & Co. KG	Alemania	X	X
Oceaneering Pipetech AS	Noruega	X	X
PII Pipeline Solutions & GE & Al Shaheen	USA/Argentina	X	✓
Penspen Integrity	UK	✓	✓
ROSEN Group	Alemania	✓	✓
Romstar Sdn Bhd	Malasia	X	X
Shenyang Longchang Pipeline Testing Center	China	X	X
T.D. Williamson	USA/Brasil	X	X
Weatherford Pipeline & Specialty Services	Suiza/USA	✓	X

Tabla 3: Empresas dedicadas a la integridad de *pipeline*

Fuente: Elaboración propia

3.5 Industria Chilena de Integridad de Tuberías

La mayoría de los ductos de impulsión en Chile presentan una relativa juventud, algunos ductos en minería ya tienen 15 años de servicio mientras que en la industria de los combustibles los más antiguos datan de los años 70. Hay que tener en cuenta que en la minería algunos *pipelines* han quedado fuera de servicio antes de cumplir con la vida útil proyectada, lo que representa una razón para creer en los servicios de integridad y una oportunidad para la

rehabilitación. También se han registrado algunos eventos críticos lo que ha impulsado a algunas empresas como Los Pelambres a crear sus sistemas de gestión en integridad.

Las empresas que entregan servicios de integridad de tuberías están enfocadas en la industria del transporte de combustibles. Recién, y solo algunas, han prestado este tipo de servicios a una compañía minera local. A la fecha, no hay empresas chilenas dedicadas a este negocio, probablemente debido a que la industria es globalizada y de mercado competitivo. Generalmente las empresas contratan estos servicios a través de licitaciones donde siempre la empresa contratante puede encontrar como mínimo tres ofertas. Los principales servicios prestados en Chile son:

- i. Mediciones internas mediante *pig* inteligente: Actualmente la empresa líder en el mercado es la empresa alemana Rosen. Otras empresas destacadas son: el *joint venture* entre *Pll Solutions, GE Oil & Gas and Al Shaheen; Weatherford* y *PipeWay*. Los precios referenciales para este tipo de inspecciones puede variar entre los 2.000 y 8.000 USD por kilómetro de ducto.
- ii. Mediciones indirectas mediante relevamiento del potencial eléctrico: Las empresas Rosen y Morken son las más destacadas, aunque estas mediciones son de menor costo, solo permiten inspeccionar la condición del revestimiento exterior del ducto.
- iii. Sistemas de detección de fugas: Las empresas más reconocidas a nivel mundial que diseñan estos sistemas para transporte de gas y petróleo son *Atmos International, Puretechnologies* y *KROHNE*. BRASS destaca por el diseño un *software* de detección de fuga basado en la simulación teórica del funcionamiento del *pipeline* aplicado específicamente al transporte de concentrados.
- iv. Sistemas de manejo de la información de integridad: Hay varias empresas que desarrollan este tipo de *software* para la industria de petróleo y gas, tales como, *Synergi Pipeline* de DNV, el cual se encuentra funcionando en la compañía minera de Samarco Brasil; *ROAIMS* de Rosen; además, existen empresas que desarrollan bloques específicos que trabajan sobre la base de *Google-Earth* o *Google-Maps*.
- v. En cuanto a consultoría de integridad, la empresa *Penspen* actualmente se encuentra desarrollando un sistema de gestión de integridad de tuberías para la compañía chilena Los Pelambres. Otras empresas consultoras de integridad en Petróleo y Gas son PIMS of London y MACAW.
- vi. Auditorías al diseño y la operación: Aparte de las empresas especializadas en integridad, también es posible considerar a las empresas de ingeniería. No hay un servicio estándar y el requerimiento dependerá de la necesidad de cada compañía, la cotización del servicio se realiza de acuerdo a las horas-hombre estimadas.

La figura 8 muestra un mapa perceptual de acuerdo al tipo de servicio y *know-how* ofrecido por empresas que realizan o han realizado servicios de integridad en Chile. La ubicación en cada cuadrante está de acuerdo a la experiencia que cada compañía muestra en su página web. Prácticamente todas las empresas provienen de la industria de petróleo y gas, presentando un único o pocos servicios realizados en la industria minera. BRASS es una empresa de la minería que quiere entregar un servicio de integridad a través de aplicaciones de medición y *software* y consultoría en integridad.

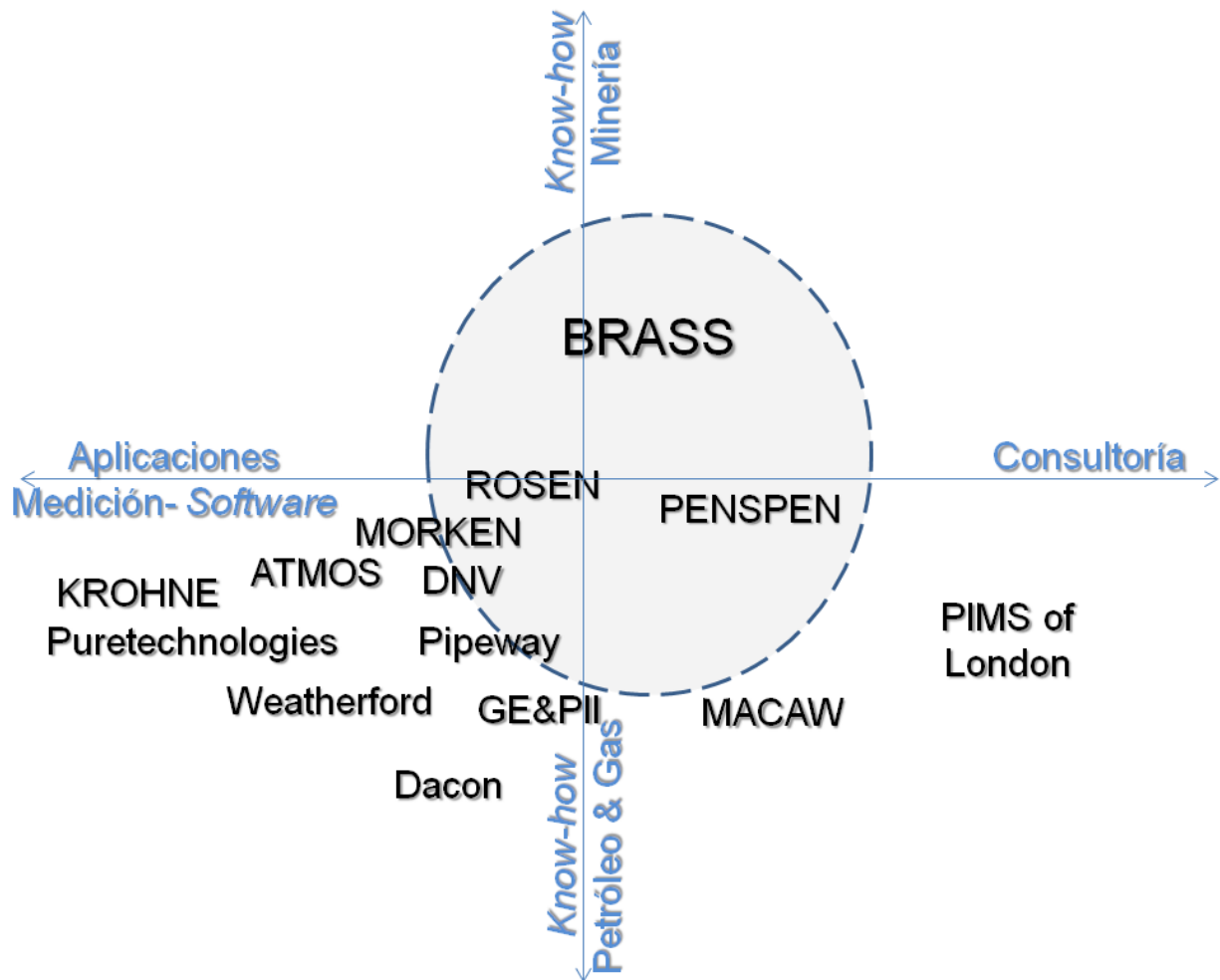


Figura 8: Mapa perceptual empresas de Integridad

Fuentes: Elaboración propia

3.6 Cinco Fuerzas de Porter

Un sector industrial está definido por un conjunto de empresas que producen productos o entregan servicios similares que pueden ser sustitutos unos de otros. Cuando hay competencia, estas empresas influyen unas sobre otras. La intensidad de esta competencia y su relación con la capacidad de generar utilidades están en función de cinco fuerzas de competencia identificadas por Porter⁷.

Puesto que el mercado global de integridad está consolidado en el rubro de los combustibles, y solo de manera incipiente comienza a desarrollarse en la minería, a continuación, se presenta un análisis de las cinco fuerzas de Porter para la industria de los combustibles.

3.6.1 Poder de Negociación de los Contratantes

⁷ Porter, Michael. Las cinco fuerzas competitivas que le dan a la estrategia. 2007 Harvard Business Review.

Es bajo porque las empresas dispuestas a contratar los servicios de integridad requieren satisfacer estas necesidades por requerimientos legales y dentro de una programación muchas veces impostergable. Una falla puede tener un impacto notable en la producción, generando contaminación ambiental, lo que puede deteriorar fuertemente la imagen de la empresa. Y sobre todo porque a nivel mundial hay multiplicidad de empresas operadoras de ductos no existiendo una empresa de tamaño tal que pueda imponer sus condiciones a los oferentes.

3.6.2 Poder de Negociación de los Socios Estratégicos

Es bajo porque hay una cantidad considerable de empresas que ofrecen los servicios de inspección y consultoría.

3.6.3 Amenaza de Nuevos Participantes

Las barreras de entrada son medio-altas. En el caso de las mediciones directas o indirectas hay economías de escala en la adquisición de equipos de alta tecnología, los que deben ser amortizados en varios trabajos. Se requiere experiencia, *know-how*, investigación y desarrollo y se debe considerar que los sensores tienen un reloj tecnológico de desarrollo medio a rápido.

3.6.4 Amenaza de Servicios Sustitutos

Es baja porque actualmente los servicios de integridad están diversificados en diferentes tipos de medición, los que pueden complementarse pero no sustituirse. Y en el caso de las metodologías, sus resultados están definidos por una disciplina y prácticas de ingeniería que resultan complejas de cambiar.

3.6.5 Rivalidad de los competidores de la Industria

El grado de rivalidad es moderado porque existen barreras de entrada tecnológicas y es un mercado que tiene proyecciones de crecimiento.

3.6.6 Conclusiones

Los servicios de integridad son una oportunidad porque su mercado actual presenta una rivalidad moderada, con barreras de entrada también moderadas que pueden ser resueltas con *know-how*, investigación y desarrollo. Además, el incipiente interés de algunas empresas mineras en adoptar los sistemas de integridad, abre la oportunidad a la empresa que logre el calce entre las necesidades propias del rubro y la metodología de la industria de los combustibles.

4. ANÁLISIS DEL ENTORNO EXTERNO

En este capítulo se realiza el PEST o análisis a la situación política, económica, social y de las tendencias que rodean a la empresa.

4.1 Situación Política y Legal

Las principales consideraciones son:

- i. A pesar de las protestas ciudadanas del año 2011, Chile se mantiene como uno de los países con mayor estabilidad institucional, política, económica y jurídica de Latinoamérica. Mantiene un sistema económico de libre mercado y ha suscrito varios acuerdos y tratados comerciales de rebaja de aranceles. Chile es descrito en el “Informe de Competitividad Global 2014-2015” del Fondo Monetario Internacional como la nación más competitiva de la región latinoamericana⁸.
- ii. La institucionalidad ambiental se ha perfeccionado en los años recientes pasando de un modelo meramente coordinador, ley 19.300 del año 1994, a otro con facultades de coordinación, dirección, fiscalizadoras y sancionadoras; leyes 20.417 y 20.600. La ley 19.300 de “Bases Generales del Medio Ambiente” ya establecía el principio de que quien produzca un daño ambiental estará obligado a repararlo materialmente e indemnizar. Con la ley 20.417 se crea el Ministerio del Medio Ambiente (MMA) que reemplaza a la Conama, además de dos organismos con personalidad jurídica propia: el Servicio de Evaluación Ambiental (SEA) y la Superintendencia del Medio Ambiente (SMA), responsable de fiscalizar. La Ley 20.600 creó los tribunales ambientales, parte del Poder Judicial bajo la superintendencia directiva de la Corte Suprema. Actualmente cualquier persona natural o jurídica puede denunciar un daño ambiental, si la SMA determina que éste se está produciendo o que existe la “posibilidad de daño inminente”, puede decretar la paralización inmediata de las operaciones. Las empresas deben controlar el cumplimiento de sus compromisos ambientales y tomar las acciones que se requieran para evitar costos económicos no contemplados y no poner en peligro el negocio.
- iii. En Chile, sólo en la industria petrolera y gas, es obligatorio por ley, contar con sistemas de integridad para el *pipeline*. El decreto 160 (2009), que reemplazó al decreto supremo 90 (1996), reglamenta la seguridad de las instalaciones y transporte de combustibles líquidos, incorporando aspectos normativos relevantes y los recientes desarrollos tecnológicos asociados a la seguridad. Lo propio ocurre en la industria del gas, donde el decreto 280 (2010) obliga a la implementación de sistemas de gestión de integridad. Los anexos E y D de este documento muestran los requerimientos mínimos que deben cumplir los sistemas de integridad.

Desde la perspectiva de los negocios, Chile sigue siendo un país atractivo; sin embargo, es necesario tomar mayores medidas para resguardar el medio ambiente. Los daños son difíciles de cuantificar y pueden afectar la sostenibilidad de un negocio. Los servicios de integridad reducen este riesgo de rotura del ducto, al inspeccionar de manera preventiva-predictiva los eventuales daños.

⁸ http://www3.weforum.org/docs/WEF_GlobalCompetitivenessReport_2014-15.pdf

4.2 Aspectos Económicos Relevantes

4.2.1 Crecimiento del País

La tabla 4 muestra el indicador de crecimiento del PIB medido por la *Organisation for Economic Cooperation and Development* (OECD). La evolución del indicador permite dar cuenta de que la economía chilena experimenta un ciclo de desaceleración. La actividad se expandió tan solo 1,8% en 2014, su peor desempeño en cinco años, también en mínimos desde 2009. A esto se le agrega un mediocre desempeño en general de los sectores económicos, liderados por la agricultura, la industria y el comercio.

Indicador	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015f	2016f
Crecimiento PIB (%)	5,8	5,2	3,2	-1,0	5,7	5,8	5,5	4,3	1,8	2,9	3,7

Tabla 4: Indicador Crecimiento PIB (%) Chile

Fuente: OECD Economic Outlook 97 database.

En cuanto a inversión en proyectos, los que prevén su materialización entre 2015-2019 en Chile suman unos US\$ 79.000 millones, según dio a conocer ayer la Corporación de Bienes de Capital (CBC). Al cierre del primer trimestre del presente año, el stock de inversión quinquenal en términos de monto muestra una caída de 9% y en términos de cantidad de proyectos exhibe una baja de 9,5% con respecto al cuarto trimestre de 2014⁹.

4.2.2 Tasa de interés

La tabla 5 muestra la estadística de la tasa de interés de los préstamos comerciales y la tasa de interés del Banco Central (TPM). Actualmente, el Banco Central mantiene la tasa de interés en 3%, de acuerdo BBVA *Research*, la normalización de la TPM comenzaría a mediados del 2016 llevándola a niveles neutrales¹⁰.

Indicador	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Tasas colocación prom. comerciales (1 a 3 meses) %	5,1	6,6	7,9	8,6	12,4	6,8	4,5	8,1	9,0	8,7	7,8
TPM promedio simple %	1,9	3,4	5,0	5,3	7,1	2,0	1,4	4,7	5,0	4,9	3,8

Tabla 5: Tasa de interés comercial

Fuentes: <http://si3.bcentral.cl/Siete/secure/cuadros/arboles.aspx>

⁹ <https://www.df.cl/noticias/economia-y-politica/macro/cae-inversion-prevista-para-proximos-cinco-anos-en-chile/2015-06-17/225751.html>

¹⁰ https://www.bbvarsearch.com/wp-content/uploads/2015/05/Presentacion_Situacion_Chile_2T151.pdf

4.2.3 Combustibles: Petróleo y Gas

De acuerdo a los pronósticos de crecimiento del mercado energético realizado por la “British Petroleum”, el consumo mundial de energía se incrementará un 41% entre el 2012 y el 2035. Esto significará un crecimiento por año de 1,5%; donde el 95% de ese crecimiento provendrá de las economías emergentes¹¹. El mercado del petróleo crecerá un 0,8% por año mientras que el mercado del gas crecerá 1,9% por año. Y en cuanto a operaciones y mantenimiento¹², solo en 2011, en la industria del gas de EEUU, se gastaron 7.000 millones de USD, este gasto ha tenido como resultado una reducción del 25% en las fallas por derrame ocurridos en la década 2001-2010 respecto a la década anterior.

En cuanto a Chile, la crisis energética argentina del año 2004 forzó al país trasandino a disminuir sus exportaciones entre un 20 y 50% por debajo de los volúmenes contratados, lo que ha obligado a los consumidores chilenos a cambiarse a combustibles alternativos más costosos. Esto llevó a que el consumo de gas disminuyera sistemáticamente en todos los sectores hasta el 2008, cuando se alcanzó un mínimo de 2,8 mil millones de metros cúbicos al año. Posteriormente, la demanda volvió a repuntar, principalmente en el sector energético de generación y, en menor grado, en el sector industrial, aunque sin alcanzar los niveles de consumo pre-crisis.

La figura 9 muestra que el sector predominante de consumo de gas natural es la generación eléctrica, que representa más de un 60% del consumo nacional. Le siguen, aunque de lejos, los sectores petroquímico, industrial y residencial-comercial, que representan el 16%, 12% y 10%, respectivamente. Por su parte, el consumo residencial y comercial prácticamente no ha variado a lo largo de los últimos años, manteniéndose en torno a los 500 millones de metros cúbicos anuales. Dentro de los usos con un menor nivel de importancia está el gas natural vehicular, como remplazo de la gasolina y petróleo. En ello ciertamente influyen los altos precios del gas existentes hoy día en Chile (en comparación con los que se pagaban en el periodo del gas argentino), pero también hay limitantes de tipo legal, dado que, actualmente en el país, no se permite reconvertir a gas natural vehículos que no sean taxis, colectivos o vehículos comerciales livianos.

Cabe destacar que el consumo de gas en la industria petroquímica ha ido disminuyendo, debido a que opera principalmente en Magallanes con gas natural obtenido en la zona y en esa región la producción de gas ha ido decreciendo sostenidamente por el agotamiento de las reservas de gas convencional. De acuerdo a la misma ENAP, solo habría gas para cuatro años más en caso de no encontrar nuevas reservas viables de explotar. Prueba de ello son las decisiones de la empresa Methanex, productora de metanol, la que en 2011 anunció que dada la escasez de gas trasladaría una de sus plantas a EEUU¹³; y que a finales de 2012, decidió paralizar de manera intermitente sus operaciones.

¹¹ http://www.bp.com/content/dam/bp/pdf/Energy-economics/Energy-Outlook/Energy_Outlook_2035_booklet.pdf

¹² <http://www.accenture.com/SiteCollectionDocuments/PDF/Accenture-Reducing-Pipeline-Risks.pdf>

¹³ <http://diario.latercera.com/2012/01/19/01/contenido/negocios/10-97754-9-methanex-traslada-planta-a-eeuu-por-falta-de-gas-en-magallanes.shtml>

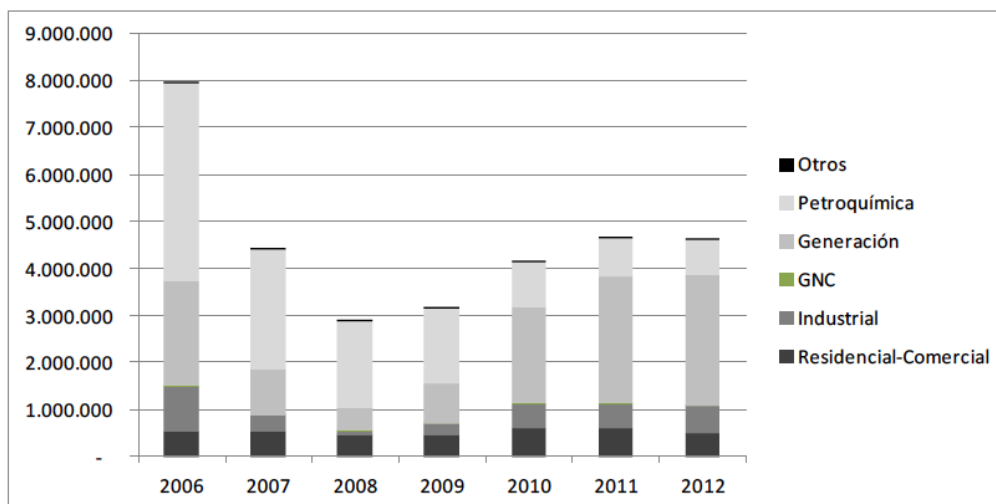


Figura 9: Consumo de gas natural en Chile (en miles de metros cúbicos)

Fuentes: Comisión Nacional de Energía

El aumento en el consumo de gas se debe principalmente a las importaciones de gas natural licuado (GNL), iniciadas el año 2009 a través de los terminales de regasificación de Quintero y Mejillones. Actualmente se prevé que el desarrollo del *shale gas* en el mundo inevitablemente tendrá un impacto en Chile. Se generaría un nuevo impulso en la industria, habiendo bastante expectativa respecto a una eventual masificación en los años venideros. Para aprovechar las oportunidades que eventualmente podría abrir el mercado mundial del gas se hará necesario desarrollar infraestructura, tanto para recibir gas en los volúmenes suficientes, como para “aglutinar” suficiente demanda (minería, industria, generación eléctrica, etcétera), de modo de convertir a Chile en un comprador atractivo para los exportadores. Se han anunciado e iniciado algunas inversiones en Chile para aumentar la capacidad de uso de gas natural. En efecto, a nivel de los terminales existentes, tanto GNL-Quintero como GNL-Mejillones han anunciado su intención de construir estanques adicionales para aumentar su capacidad de recepción, almacenamiento y regasificación de GNL. Lo anterior iría de la mano de inversiones que aumenten la capacidad de los terminales de GNL existentes o la construcción de nuevos (que pueden ser terrestres como los actuales o marítimos-flotantes). También se requiere ampliar la capacidad de los gasoductos que van desde los terminales de GNL a las distintas ciudades, industrias y centrales de generación. Algunos han planteado que los países que primero reconozcan estas oportunidades y generen los incentivos adecuados, obtendrán los mayores beneficios, situación que ameritaría asumir desafíos y hundir inversiones para aprovechar esas oportunidades¹⁴.

En cuanto a inversiones en la industria petrolera, la Sociedad Nacional de Oleoductos S.A. (SONACOL), propietaria de seis oleoductos subterráneos, los cuales totalizan 465 kilómetros de longitud transportando el 97% de los combustibles líquidos que se comercializan en la región metropolitana, ya ha realizado la mayor parte de la inversión necesaria para absorber el crecimiento de la demanda para los próximos 26 años. Con excepción del tramo Maipú-aeropuerto que contempla una segunda línea que estaría operativa el año 2016¹⁵.

¹⁴ <http://www.agnchile.cl/wp-content/uploads/2013/05/SERIE230LYDSHALE-GAS3.pdf?9d7bd4>

¹⁵ http://icrchile.cl/icr/index.php?option=com_docman&task=doc_download&gid=1764&Itemid=

Aunque la industria nacional de los combustibles actualmente no contempla crecimientos importantes de infraestructura en la red actual de gasoductos y oleoductos, en el caso del gas hay expectativas de crecimiento asociado a la importación de *shale gas* y a nuevos acuerdos de intercambio de gas y electricidad con Argentina¹⁶. Además se estudia concretar posibles inversiones chilenas en el yacimiento gasífero y petrolífero Vaca Muerta, ubicado en la provincia de Neuquén en sur del país trasandino. El mayor uso de la infraestructura gasífera augura un aumento en la necesidad de servicios de integridad en el mediano plazo.

4.2.4 Minería

Luego de que el precio del cobre alcanzará un record de 4,6 USD/lb en abril de 2011, en los años 2013 y 2014, el precio promedio fue de 3,32 y 3,11 USD/lb respectivamente. La Comisión Chilena de Cobre (Cochilco) estima que para 2015, el cobre debería situarse en torno a los 2,85 USD/lb; y 2,80 USD/lb en 2016¹⁷. La figura 10 muestra una estimación hecha por PwC sobre la base de un investigación a los precios usados en planificaciones de negocios, donde se espera que en el largo plazo el precio alcance los 3,11 USD/lb.

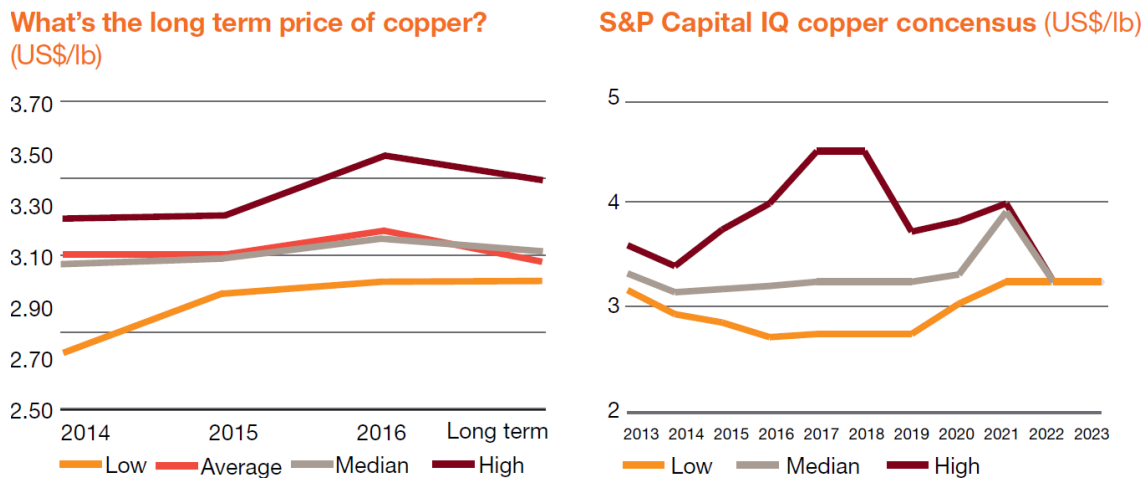


Figura 10: Estimación del precio del cobre

Fuente: Gold, silver and copper price report 2015; PwC Canada

En cuanto a la mineras, hoy el foco está en optimizar las operaciones, indican altos ejecutivos del sector. Uno de los temas que se analizan son los programas de inversión para mantener las operaciones. La mayoría de ellos se diseñan en los últimos meses del año anterior. “A fines del año pasado (2014) no se preveía la situación que se está viviendo hoy (precio de 2,53 USD/lb) , por lo tanto, estos planes son más onerosos. Es posible que si la situación persiste, comience una racionalización”, indica un alto ejecutivo¹⁸. Sin embargo, la caída del cobre llegó cuando en Chile las compañías mineras estaban impulsando con fuerza un fuerte plan de contención de

¹⁶ <https://www.df.cl/noticias/economia-y-politica/gobierno/chile-y-argentina-firman-acuerdo-en-materia-energetica-que-incluye-intercambio-de-gas-y-electricidad/2014-08-29/170440.html>

¹⁷ Cochilco; Comunicado de Prensa Informe Tendencias 2015-2016

¹⁸ <http://www.latercera.com/noticia/negocios/2015/01/655-614101-9-mineras-alistan-planes-para-enfrentar-caida-del-precio-del-cobre.shtml>

costos, por lo que hoy están más preparados, puesto que ayuda la baja en el precio del petróleo (menor costo de la energía) y el mayor valor del dólar.

Más del 90% de los proyectos que estaban con posibilidades de concretarse entre 2012 y 2020, que sumaban más de US\$ 36.000 millones, se han caído por diversos motivos, como la judicialización y la desaceleración económica, explica Daniel Llorente, presidente de la Corporación para el Desarrollo de la Región de Atacama (Corproa)¹⁹. De la decena de proyectos que había en carpeta hace unos años, pocas lograron terminar su construcción. Cerro Negro Norte, de CAP, y Caserones de Lumina Copper, están dentro de las excepciones, pero la lista de los que no han visto la luz se mantiene casi intacta, con Pascua-Lama a la cabeza, seguido por Cerro Casale y El Morro. Esto, sin contar los traspies energéticos en iniciativas como la central Castilla y, recientemente, la suspensión de Punta Alcalde.

De acuerdo a *Business Monitor*, América se mantendrá como uno de los principales proveedores a nivel mundial de la minería mundial. La región posee vastas reservas de minerales sumado a condiciones políticas estables que aseguran la continuación de las inversiones de empresas multinacionales y medianas. Chile, Perú y EEUU continuarán como líderes mundiales en la producción de cobre, mientras que Brasil será secundado por Australia en la producción de hierro. Sin embargo, serán Perú y México los países que presentarán un crecimiento mayor, para Perú se estima que en 2014 habrá una moderada contracción (-1,5%) y luego entre 2015 y 2018 se estiman tasas de crecimiento entre 2 y 4%²⁰.

La actividad de los proyectos de ingeniería es seguida por la Asociación de Empresas Consultoras de Ingeniería (AIC), entidad gremial creada en 1968 y que actualmente representa al 70% del mercado nacional. La tabla 6 muestra el promedio simple del *Índice de Actividad*, el cual se mide trimestralmente y se basa en las horas-hombre que las compañías asociadas utilizan para el desarrollo de proyectos mineros. La medición toma como referencia las horas ejecutadas en el año 1992. Se puede apreciar que en 2015, al igual que 2013 y 2014, el índice ha experimentado una caída mayor a 10%.

Indicador	1992	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
I.A. Minería	1	1,255	1,687	1,817	1,653	1,648	2,520	3,117	2,651	2,273	1,97

Tabla 6: Indicador Actividad Promedio Móvil Anual Sector Ingeniería de Consulta en Minería²¹

Fuente: Reportes de la Asociación de Empresas Consultoras de Ingeniería de Chile.

Considerando la demanda de las materias primas o *commodities* en el mundo, la figura 11 muestra como China en la actualidad consume alrededor de un tercio ésta. La importancia del país asiático se explica porque su demanda significa una parte importante del crecimiento proyectado de América Latina²². Para los próximos 5 años, *Business Monitor* pronostica un crecimiento promedio de la economía china de 6,1%, donde hay que notar una tendencia a la

¹⁹ <https://www.df.cl/noticias/empresas/actualidad/atacama-mas-del-90-de-la-cartera-de-proyectos-de-inversion-se-ha-caido/2015-03-02/204506.html>

²⁰ <http://www.businessmonitor.com/news-and-views/key-mining-themes-americas>

²¹ https://www.df.cl/noticias/site/artic/20150508/asocfile/20150508191342/resultado_indice_actividad_pt15.pdf

²² De acuerdo a los apuntes del curso IN70Z-1 "Tópicos de Economía Internacional".

baja, puesto que en los últimos treinta años ésta ha crecido en promedio 10%. Esto necesariamente se traducirá en una disminución de los precios de los minerales de hierro y cobre respecto a los precios de los años precedentes o “boom minero”. Se espera que las grandes compañías mineras modifiquen sus estrategias de crecimiento a largo plazo y las compañías pequeñas probablemente sufran problemas de liquidez. Por lo tanto, se disminuirán y/o modificarán los planes de inversión, algo que ya ocurrió durante 2013, augurando medidas de mayor disciplina de capital y búsqueda de reducción de los costos operacionales²³.

Respecto a la productividad, en 2005, la minería nacional presentaba un nivel de costos de 0,63 USD por libra, por debajo del promedio mundial de 0,71 USD. En 2013, producir una libra de cobre en el país costó 2,5 USD, pero esta vez por sobre el promedio mundial de 2,38 USD. Los factores determinantes de las alzas son la energía, la escasez de agua, el déficit de trabajadores calificados y la productividad laboral, lo que no va en línea con las remuneraciones y descenso de las leyes minerales debido al envejecimiento de las grandes minas, que sostienen la producción nacional²⁴. En los últimos años, reducciones importantes en la producción de algunas compañías mineras como Doña María Inés de Collahuasi, han cambiado los lineamientos directivos, los que actualmente se orientan hacia la mejora de los niveles de seguridad y productividad²⁵. Otra compañía como Los Pelambres declara en su modelo de negocios la búsqueda de la excelencia operacional²⁶.

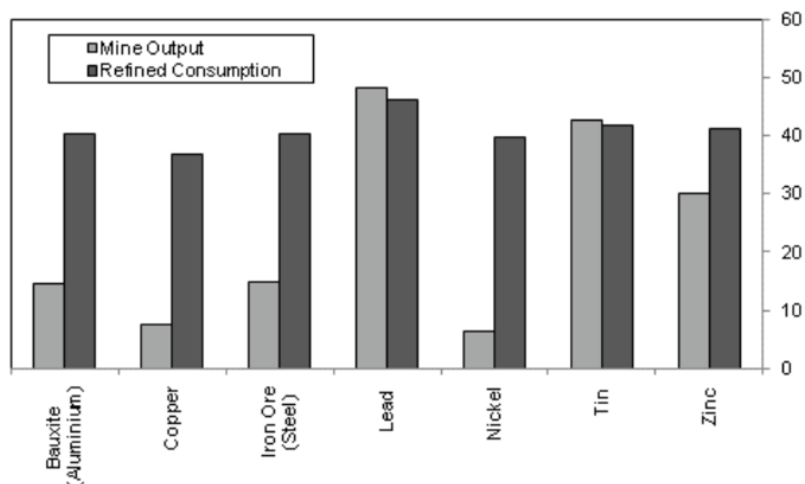


Figura 11: Porcentajes de producción y consumo de *commodities* por China

Fuente: Business Monitor (2012)

Síntoma predictivo del nuevo ciclo económico, puede ser el caso de dos compañías de la mediana minería que debieron paralizar sus operaciones, Cerro Dominador y Sierra Miranda, y aunque al interior de la industria se apresuran a aclarar que las razones no estuvieron del todo relacionadas al funcionamiento normal de este tipo de compañías, su comentado cierre, sumado a varios otros factores, como el retroceso del precio del cobre y las alzas generalizadas de costos, han sembrado la incertidumbre sobre lo que pueda ocurrir con este tipo de empresas

²³ <http://www.businessmonitor.com/news-and-views/mining-for-opportunities-amidst-downturn>

²⁴ <http://www.iimch.cl/noticias/item/923-chile-lidera-alza-de-costos-mineros-en-los-ultimos-diez-anos.html>

²⁵ <http://www.conflictosmineros.net/contenidos/9-chile/15493-el-renacer-de-collahuasi>

²⁶ <https://www.pelambres.cl/la-compania-modelo-de-negocios.html>

en el mediano plazo²⁷. De acuerdo a la consultora internacional CRU²⁸, hay nuevos retrasos en la puesta en marcha de nueve proyectos de la gran minería local. De ellos, seis suman más de US\$ 30.900 millones de inversión, y el resto (sulfuros de Gabriela Mistral, Zaldívar y Cerro Colorado) no cuentan con un monto tentativo de inversión. Por lo tanto, el panorama a corto plazo se avizora complicado en cuanto al desarrollo de nuevos proyectos de ingeniería.

En resumen, actualmente la minería nacional presenta altos costos de operación, lo que permite deducir que cualquier negocio asociado este rubro, deberá estar orientado, directa o indirectamente, a la búsqueda de reducción de costos operacionales. Además, los pronósticos de menor crecimiento en el consumo de *commodities* a nivel mundial ralentizarán la inversión; por lo tanto, se espera que en los próximos años se mantenga la disminución de los proyectos de ingeniería, principal fuente de ingresos de BRASS. En cuanto a las operaciones, se aprecia una estabilidad en el mediano plazo de las condiciones actuales.

4.3 Tendencias Sociales

En los últimos diez años, en América Latina, se registran importantes avances en el diseño, lanzamiento y mantención de un conjunto de indicadores, tanto ambientales, como de desarrollo sostenible. Esto es resultado de dos factores, por una parte el avance de las iniciativas nacionales de países que buscan contar estos indicadores, y por otro lado, el estímulo y apoyo técnico derivado de las cumbres ambientales, los compromisos ambientales y los proyectos de las agencias especializadas que operan en la región²⁹.

Por otro lado el informe “Visión 2050”, que implicó diálogos en 20 países, proyecta modificaciones fundamentales en el comportamiento de las empresas y los ciudadanos, las estructuras de gobierno y las reglas económicas, dejando en claro que los cambios son necesarios, viables y que ofrecen grandes oportunidades de negocio a las empresas que integran la sustentabilidad en su estrategia³⁰. Para la minería se plantea como desafío: Disminuir al mínimo los impactos ambientales y, a la vez, demostrarlo. Al mismo tiempo hacer más sustentable el uso de agua, sobre todo utilizando agua salada y reemplazando los sistemas de recarga artificial.

En los últimos años, en Chile, numerosos movimientos sociales dan cuenta de un mayor empoderamiento de la ciudadanía, los que surgieron en torno a problemáticas como el medio ambiente, la libre competencia, abusos al consumidor, los partidos políticos, y la reforma tributaria, entre otros, generando un entorno de mayor confrontación y de exigencia³¹.

En resumen, la tendencia social es de una mayor sensibilidad respecto al cuidado del medio ambiente, donde las empresas que logren conjugar eficiencia con seguridad y confiabilidad en sus sistemas de transporte, asegurarán sostenibilidad en el tiempo.

²⁷ <http://www.quepasamineria.cl/index.php/core-business/item/3190-mediana-miner%C3%ADa-da-pasos-para-enfrentar-alza-de-costos>

²⁸ <https://www.df.cl/noticias/empresas/mineria/proyectos-mineros-por-mas-de-us-30-900-millones-sufren-nuevos-aplazamientos/2014-06-09/213630.html>

²⁹ <http://www.cepal.org/deype/publicaciones/xml/4/34394/LCL2771e.pdf>

³⁰ WBCSD, 2010. Visión 2050. http://www.wbcd.org/web/rn/Vision2050_ExecSummary_Spanish.pdf

³¹ http://www.ipsos.cl/documentos/Estudio_2050.pdf

4.4 Tendencias Tecnológicas

Dentro de las tendencias tecnológicas más destacadas están:

- i. Los elementos de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TICs) que se posicionarán en la industria serán el *cloud computing*, redes de alta velocidad, *gadgets*, virtualización y sensores³².
- ii. El desarrollo de tecnologías en fracturación del mineral podrán optimizar el proceso de molienda, que actualmente consume hasta el 70% de la energía total, pasando a una minería in situ, donde ya no habría necesidad de sacar el mineral para molerlo y chancarlo, y la inyección de químicos en el yacimiento mismo será lo común³³. Esto probablemente modifique las características de los líquidos a transportar en los ductos mineros, lo que significa actualizar los sistemas de *pipeline*.
- iii. En cuanto a los servicios de integridad, el avance en la exactitud de las mediciones, tanto en inspecciones directas como indirectas, se mantendrá en los próximos años, algo que ha venido ocurriendo en los años precedentes en la medida que se desarrolla la tecnología de los sensores.
- iv. Aunque el transporte por tubería actualmente ya cuenta con un alto grado de automatización de mando a distancia, se prevé que de aquí al 2020 habrá un avance en la automatización tanto de equipos controlados a distancia como de brazos robóticos que realizan actividades peligrosas.
- v. Los productos y servicios dependen cada vez más del desarrollo de *software* para lograr diferenciación y mejores rendimientos. En cuanto al desarrollo de *software* hay dos opciones, cambios en la organización para generar un poderoso equipo desarrollador de *software* o bien, la adquisición de una compañía de *software*.

³² <http://www.quepasamineria.cl/index.php/vida-e-innovacion/item/2637-innovaciones-2020-la-nueva-era>

³³ <http://www.quepasamineria.cl/index.php/vida-e-innovacion/item/2637-innovaciones-2020-la-nueva-era>

5. ANÁLISIS INTERNO

5.1 Brass Chile S.A.

BRASS Chile S.A. (BRASS), con personalidad jurídica desde el año 2001, es una empresa especializada en el desarrollo de servicios de ingeniería relacionados con el diseño, apoyo a la construcción y puesta en marcha de sistemas de transporte de fluidos a través de tuberías. BRASS es filial de BRASS Engineering International (BEI), cuya casa matriz se encuentra en la ciudad de San Ramón, en el Estado de California, EE.UU. BRASS ha desarrollado su capacidad de diseño de ingeniería al más alto nivel de tecnología y lo respaldan los años de experiencia de sus principales miembros. Cuenta con personal altamente calificado con gran experiencia, especialmente en instalaciones mineras, abarcando todas las áreas de la ingeniería: hidráulica, mecánica y *piping*, eléctrica, instrumentación, civil, estructuras, programación y estimación de costos. Su ámbito de acción incluye todos los países de América del Sur, realizando proyectos en Argentina, Perú, Brasil y Chile, donde se pueden destacar los trabajos realizados para Compañía Minera del Pacífico, Compañía Minera Doña Inés de Collahuasi, Minera Escondida, Minera Los Pelambres, Minera Alumbrera y Mina Bauxita-Paragominas de VALE. Actualmente la compañía cuenta con 84 empleados en Chile, la figura 12 muestra algunos indicadores como las ventas de los últimos años, las que han alcanzado los 12 MM de USD. La baja en las ventas de los dos últimos años acusan la disminución de proyectos de inversión en minería. También se muestra el EBITDA y ratio de endeudamiento que muestra niveles bajos, mostrando fortaleza en cuanto a capacidad de acceso a crédito.

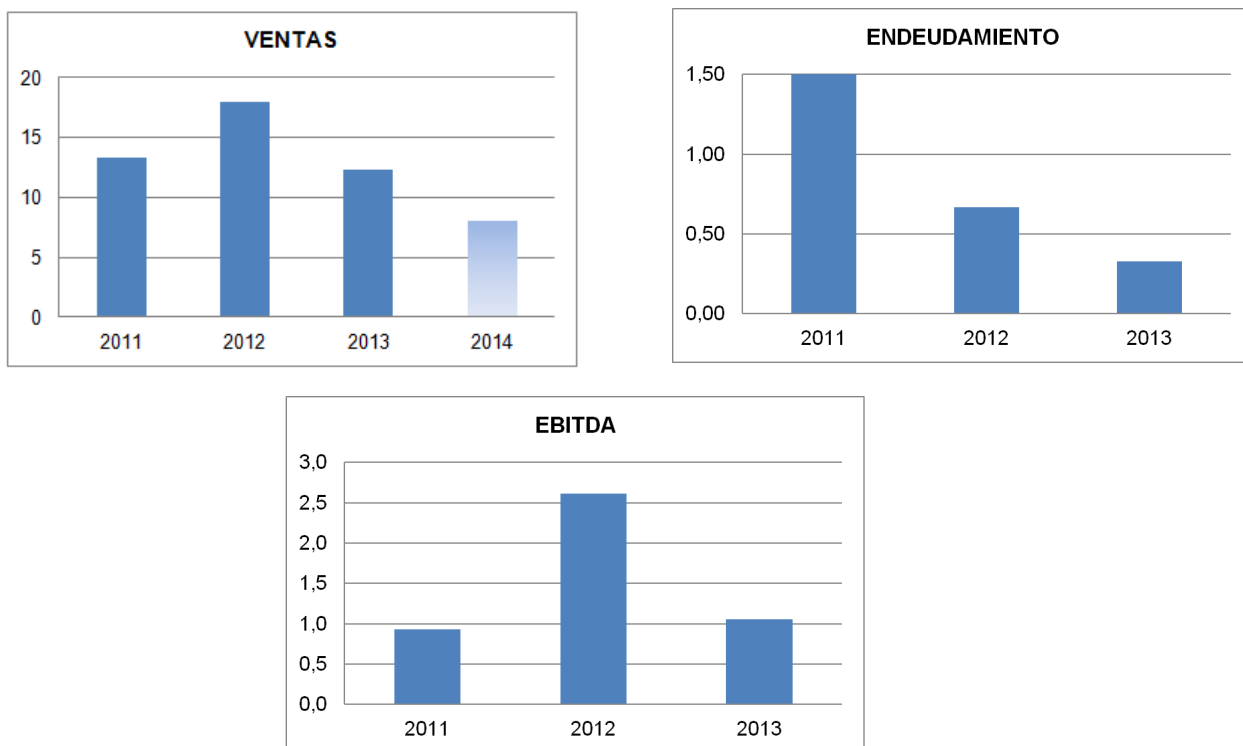


Figura 12: Indicadores de Brass

Fuente: Elaboración propia sobre la base de información de BRASS

5.2 Cadena de valor

La figura 13 muestra la cadena de valor de BRASS, los servicios de proyectos de ingeniería concentran un 84% de las actividades primarias de la compañía, mientras que el soporte operacional y laboratorio representan el 16% restante de los servicios.

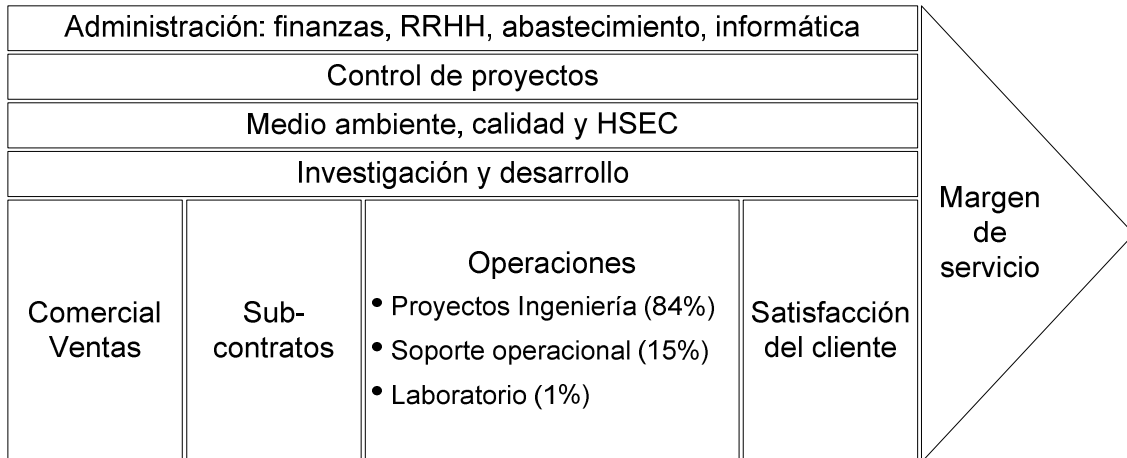


Figura 13: Cadena de Valor de BRASS

Fuente: Elaboración propia sobre la base de información de BRASS

La figura 14 muestra los distintos niveles de diversificación que puede adoptar una empresa. Actualmente BRASS tiene baja diversificación puesto que los proyectos de ingeniería son el negocio dominante con más de 70% de las horas hombre vendidas. Una aspiración de la empresa es pasar del actual nivel, concentrado en proyectos de ingeniería, a otro de diversificación moderada.

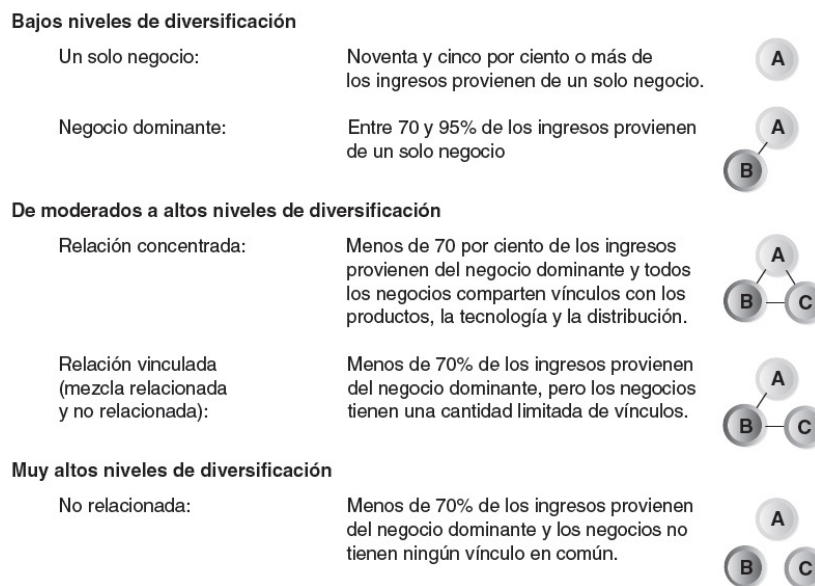


Figura 14: Niveles de diversificación

Fuente: Hitt, Ireland & Hoskisson; Administración Estratégica, Competitividad y Globalización

5.3 Análisis de los recursos

5.3.1 Recursos tangibles

- Personal profesional de varios de experiencia en puestos clave como, jefes de proyecto, líderes de especialidad e ingenieros en proyectos de *pipeline* minero.
- Desarrollo de *software* para simulación hidráulica de fluidos en estado estacionario y transitorio por golpe de ariete o falla del sistema.
- Desarrollo de la aplicación PI2T (*Pipeline Information and Integrity Tool*), la cual es un *software* de tecnología para comunicación de información. La herramienta es un portal, que a través de un tour virtual sobre GoogleMaps/GoogleEarth, permite almacenar y encontrar información de los sistemas de impulsión ordenados mediante capas. El *software* fue diseñado para mostrar al cliente la información desarrollada durante el desarrollo de los proyectos de ingeniería.
- Planes de capacitación permanente. Dentro del presupuesto anual de la compañía, se contempla la mejora de las habilidades de todo el personal de la empresa.
- Oficina equipada con capacidad para 150 personas, la cual se ubica Nueva Las Condes, uno de los centros de negocios del país, lugar común con muchas de las oficinas de la alta dirección de las empresas mineras y los combustibles.
- Red informática compuesta por *hardware* y *software* para el desarrollo de proyectos de ingeniería, el que se encuentra licenciado y permite el desarrollo de modelaciones 3D.
- Sistema de gestión de calidad, el que se encuentra certificado desde el año 2006 bajo la norma ISO 9001. El sistema está orientado a la mejora constante del servicio mediante altos niveles de satisfacción del cliente.
- Sistemas de gestión de la seguridad y la salud en el trabajo, el que se encuentra certificado desde agosto de 2012 bajo la norma OHSAS 18001. El sistema permite evaluar las condiciones de salud y seguridad, gestionando eficazmente las actividades que se realizan al prestar servicios de ingeniería, teniendo en cuenta la prevención de accidentes, reducción de riesgos y bienestar de los colaboradores.
- Sistema de gestión ambiental, el que se encuentra certificado desde agosto de 2012 bajo la norma ISO 14001. El sistema busca la reducción de emisiones tanto en la prestación de los servicios como en el diseño de las ingenierías.

5.3.2 Recursos intangibles

- Dentro de las empresas mineras nacionales, la marca BRASS genera confianza y es reconocida como un servicio de buena calidad.
- *Know-how* en diseño de sistemas de impulsión: Los concentrados y/o pulpas son mezclas viscosas que a diferencia de otros líquidos como petróleo o agua, requieren para su bombeo a grandes distancias, el empleo de altas presiones. Generalmente los sistemas normales o típicos para impulsar agua se diseñan mecánicamente hasta la resistencia ASME clase 900, mientras que los concentraductos fácilmente pueden requerir clases 1500 o 2500, obviamente a mayor resistencia, mayor costo. El personal de BRASS cuenta con experiencia en modelación de los sistemas de impulsión que permite optimizar el uso insumos, los cuáles son fabricaciones a pedido.

- *Know-how* en operación de sistemas de impulsión: La empresa cuenta con personal que ha operado líneas de impulsión de forma normal y en emergencias. Además ha participado en el análisis de las roturas y ha visto las fallas más relevantes de los *pipelines* sudamericanos.
- *Know-how* en investigación mediante el empleo de sensores de presión para inspeccionar pipelines de concentrado con revestimiento interior de HDPE (*liner*). Una de las limitaciones de los sistemas ILI, o inspección mediante *pig* inteligente, es que no pueden medir los espesores de la tubería cuando éstas se encuentran revestidas interiormente. El personal de BRASS ha desarrollado la técnica *voyager* para ubicar fallas en el *liner*, las que predicen daños o pérdidas de metal en la tubería.
- *Know-how* en corrosión: El personal de BRASS constantemente evalúa los factores que la producen, diseñando sistemas anticorrosión mediante la inyección de químicos y/o biocidas.
- *Know-how* en el diseño de sistemas de detección de fugas: Mediante la modelación o simulación hidráulica del sistema más la lectura instrumental de los sistemas de control, se diseñan sistemas que detectan comportamientos anómalos correspondientes a fugas.
- *Know-how* en filosofía de operación: BRASS define los requerimientos para los sistemas SCADA o software de control y supervisión a distancia de los procesos industriales. El sistema además entrega información en tiempo real de los dispositivos de campo y sensores, controlando el proceso automáticamente a través de equipos y válvulas actuadas.
- *Know-how* en adquisiciones y contratos de servicios a terceros.
- *Know-how* en administración de contratos de construcción.

5.4 Capacidades

Para entregar servicios de integridad a sus clientes, BRASS dispone de las siguientes capacidades:

- Una estructura organizacional efectiva y eficiente: A lo largo de los 13 años de experiencia en Chile, BRASS ha llevado a cabo proyectos desde su etapa conceptual hasta la puesta en marcha de las instalaciones, participando en la administración de la construcción o apoyándola mediante ingeniería de terreno.
- Diagnóstico de operación: Las estadísticas de EEUU muestran que una mala operación es causa de un 9% de los incidentes de falla en líneas que transportan líquidos peligrosos³⁴. Mediante la simulación hidráulica de los sistemas de impulsión, BRASS puede predecir el comportamiento tanto de la operación normal como eventual producto de una emergencia.
- Identificación de los riesgos de integridad: BRASS tiene la experiencia requerida en sistemas de impulsión de concentrados para poder evaluar acertadamente sus riesgos, los cuales son diferentes a los existentes en la industria de petróleo y gas.
- Desarrollo de *software* propietario: BRASS tiene capacidad para desarrollar *software* que muestre la gran cantidad de información, la que puede ser asociada a cada metro del *pipeline* y cada componente de las instalaciones de un sistema de impulsión.
- Contrato de servicios especializados con terceros: A través del personal de adquisiciones y contratos de BRASS, se puede gestionar el suministro de servicios de medición de espesores a lo largo del *pipeline*.

³⁴ http://events.nace.org/conferences/ecda2009/images_presentations/SNanneyl.pdf

Sin embargo, para mejorar la entrega de servicios de integridad, estas capacidades podrán ser reforzadas mediante:

- Evaluación de integridad con mediciones de *pig* inteligente. Esta capacidad podrá llevarse a cabo mediante la contratación de ingenieros con experiencia en integridad de tuberías de petróleo y gas y/o la subcontratación de empresas especializadas.
- Mayor desarrollo en prototipos de *pig* para pre-evaluación: Puesto que la inspección mediante *pig* inteligente es de alto costo y presenta una gran variedad en el tipo de mediciones y análisis; una buena pre-evaluación permitirá una selección adecuada de la técnica de medición o bien solo localizarla en un tramo específico.
- *Software* de análisis de riesgo para *pipeline* minero. Actualmente en el mercado de los servicios de integridad solo es posible encontrar herramientas desarrolladas para el transporte de combustibles. Puesto que las fallas de los sistemas de transporte de concentrados tienen consecuencias diferentes, esta capacidad podrá ser cubierta mediante investigación, análisis experto y desarrollo de *software* propietario.

5.5 Ventajas Competitivas y Sostenibilidad

Las competencias centrales son capacidades que le sirven a una empresa como fuente de ventajas competitiva frente a sus rivales. Las competencias centrales además, distinguen a una empresa en términos de competencia y reflejan su personalidad. Van surgiendo con el transcurso del tiempo a medida que la organización avanza en el proceso de acumulación de diversos recursos y capacidades y aprende a aplicarlos³⁵. Uno de los instrumentos para identificar competencias centrales es mediante el cumplimiento de los siguientes cuatro criterios específicos³⁶:

- i. Capacidades valiosas: Permiten a la empresa aprovechar oportunidades o neutralizar amenazas que están presentes en su entorno externo.
- ii. Capacidades singulares: Son aquellas que pocos o ningún competidor posee.
- iii. Capacidades costosas de imitar: Son aquellas que otra empresa no puede desarrollar con facilidad, como una cultura organizacional única y valiosa formada en condiciones históricas especiales. Otra causa puede ser la complejidad social como las relaciones interpersonales, la confianza y la amistad entre gerentes y entre éstos y los empleados, así como la reputación entre proveedores y clientes.
- iv. Capacidades insustituibles: Son aquellas que no tienen un equivalente estratégico.

Dentro de los recursos y capacidades de BRASS que serán competencias centrales en los servicios de integridad están: la organización actual de personas capaces de trabajar en forma eficaz y eficiente, ganando prestigio dentro de la minería, el *know-how* en la modelación hidráulica de los sistemas de impulsión y la experiencia en operaciones, diagnóstico, evaluación de fallas, determinación de riesgos e integridad de un ducto minero.

³⁵ C. Zott, "Dynamic capabilities and the emergence of intra-industry differential firm performance: Insight from a simulation study", *Strategic Management Journal*, 24, 2003, pp. 97-125.

³⁶ Página 85, Hitt, Ireland & Hoskisson; *Administración Estratégica, Competitividad y Globalización*

6. FORMULACIÓN DE LA ESTRATEGIA

6.1 FODA

Del análisis del entorno PEST y análisis interno de la empresa es posible definir las fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas que configuran el análisis FODA.

6.1.1 Oportunidades

- **Altos costos de operación de las operaciones mineras:** Pronostica que las compañías buscarán proveedores de servicios que ofrezcan disminución de costos, ya sea mediante mayor eficiencia en las operaciones en el corto plazo o ahorros en el largo plazo a través de menor mantenimiento correctivo. Los servicios de integridad tienen que permitir prolongar y/o garantizar la vida útil de los activos con menores inversiones en el largo plazo.
- **Presencia en Chile de grandes multinacionales de minería:** Actualmente en el país operan las corporaciones mineras más importantes del mundo. BRASS ha desarrollado de forma satisfactoria proyectos de ingeniería y soporte para varias de ellas. En un futuro esto permitirá proyectar los servicios de integridad hacia los países donde estas compañías tengan operaciones.
- **Menor productividad laboral:** En el grupo de las 10 mayores mineras privadas más Codelco, el índice de productividad laboral ha caído 24% desde 2005 a 2013³⁷, lo que transforma atractivo el ofrecimiento de capacitación especializada orientada a mayor productividad y mediante el involucramiento de la organización para lograr cero fallas (filosofía TPM).
- **Mayor preocupación por el medioambiente:** Las modificaciones a las instituciones que resguardan el cuidado del medioambiente hacen indeseable la existencia de eventos de falla en los sistemas de impulsión puesto que un incidente contaminante es seguido por una parte de la sociedad con particular atención.

6.1.2 Amenazas

- **Ingreso de grandes empresas de ingeniería:** Proliferación de la contratación mediante modalidad *turn-key* (llave en mano) y *BOT* (construcción, operación y transferencia), lo que sumado a la entrada de grandes empresas internacionales en servicios de ingeniería, pueden emular la propuesta de valor de BRASS y dejarla fuera de competencia, ya que lo relevante en la obtención en este tipo de contratos no es el *know-how* sino que los costos de los equipos y la construcción de la infraestructura.
- **Mayor competitividad:** Debido a una disminución de la inversión en la industria producto de un ciclo de menores precios en los *commodities*, las empresas de servicios buscan obtener los contratos mediante precios bajos y márgenes operacionales ajustados.
- **Precios de los *comoditties* más bajos que los actuales:** Aunque el precio del cobre ha tendido a estabilizarse, un eventual deterioro de las condiciones económicas puede impulsar a bajar aún más los precios actuales.

³⁷ <http://www.cochilco.cl/portada/anuario.html>

- **Empresas de servicios en integridad de petróleo y gas:** La consolidación o entrada en la industria minera de empresas especializadas en integridad de tuberías del petróleo y gas, lo que les permitirá generar en el largo plazo las competencias de *know-how* que BRASS tiene actualmente.

6.1.3 Fortalezas

- **Know-how:** En diseño, operación, modelación hidráulica y desarrollo *software* de los sistemas de impulsión de concentrados y agua. Es una barrera de entrada puesto que esta competencia es accesible mediante la experiencia obtenida a través de varios años de ejercicio y la conformación de un equipo multidisciplinario e interdependiente.
- **Cercanía con las empresas mineras:** Durante los años de operaciones en Chile, BRASS ha establecido redes de contacto tanto en la dirección, operación y mantenimiento de las compañías mineras, como en la provisión de insumos críticos.
- **Estrategia de desarrollo a largo plazo:** La empresa capitaliza parte de sus utilidades en el desarrollo de su capital humano y conocimiento. Esto le ha permitido crecer no solamente en ventas y complejidad de proyectos, sino que también ha explorado en el soporte operacional que es la base para desarrollar esta spin-off.

6.1.4 Debilidades

- **Empresa enfocada en minería:** La minería de cobre y hierro presenta ciclos de alta y baja demanda asociados al comportamiento de la economía mundial. La empresa debe adaptarse a los periodos de menor inversión (menor cantidad de proyectos) reduciendo su capacidad en servicios de ingeniería. Los trabajos de soporte operacional aunque no son inmunes a los ciclos bajos de la economía si tienen una continuidad que les permiten desarrollarse y a la vez resguardar recursos claves.
- **Posicionamiento débil en integridad:** Algunas compañías mineras han contratado e empresas especializadas en integridad de la industria de los combustibles. Es necesario que las compañías mineras valoren la importancia del *know-how* en transporte de concentrados y relaves, puesto que el transporte se realiza en alta presión y de que se trata de líquidos viscosos de comportamiento diferente al petróleo y gas.
- **Menor experiencia en evaluación de integridad:** Actualmente en la industria mundial hay déficit de recursos humanos competentes, lo que aumenta el riesgo en la contratación de personal idóneo.

Factores externos (EFAS)	Factores internos (IFAS)	
	Fortalezas	Debilidades
	1. <i>Know-how</i> en diseño, operación y desarrollo de software para <i>pipeline</i> de minería.	1. Empresa enfocada en minería.
	2. Cercanía con las empresas mineras.	2. Posicionamiento débil en integridad.
3. Estrategia de desarrollo a largo plazo.	3. Menor experiencia en evaluación de integridad.	
Oportunidades	Estrategias FO (Fortalezas / Oportunidades)	Estrategias DO (Debilidades / Oportunidades)
1. Altos costos de operación de las operaciones mineras.	Ofrecer servicios de integridad que garanticen la eficiencia de los sistemas de transporte y una operación económica en el largo plazo.	Mostrar los beneficios los sistemas de integridad de tuberías.
2. Presencia de las grandes multinacionales de minería.		Destacar la experiencia en operación y diagnóstico de BRASS, la cual es clave para un buen sistema de integridad.
3. Menor productividad laboral.	Ofrecer <i>know-how</i> para mejorar las competencias y habilidades de operadores junto a mejores procedimientos de operación y mantenimiento.	Mostrar las diferencias en los modos de falla y riesgos que existe entre la industria de los combustibles y la minería.
4. Mayor preocupación por el medioambiente.		
Amenazas	Estrategias FA (Fortalezas / Amenazas)	Estrategias DA (Debilidades / Amenazas)
1. Ingreso de grandes empresas de ingeniería.	Invertir en el desarrollo de los conocimientos de integridad y <i>software</i> para mostrar los resultados obtenidos en los servicios de integridad.	Posicionar el <i>know-how</i> (operación y diagnóstico) de BRASS en minería como clave para entregar servicios de integridad de excelencia. Destacar diferencias con la industria de los combustibles.
2. Mayor competitividad de las empresas de ingeniería.		
3. Precio de los <i>commodities</i> a la baja.	Ajustar ofertas a los nuevos presupuestos de las compañías y mostrar los efectos de no invertir en la integridad de los sistemas de impulsión.	Sistema de <i>Knowledge Management</i> y apuntar a diagnosticar, evaluar y rehabilitar un <i>pipeline</i> para usarlos como plataforma cuando mejoren las condiciones económicas.
4. Penetración de empresas Oil & Gas en minería.	Búsqueda de proveedores estratégicos para ofrecer servicios al menor costo posible.	Adquisición de <i>know-how</i> en medición de integridad mediante la contratación de profesionales con experiencia en petróleo y gas.

Tabla 7: Matriz FODA

Fuente: Elaboración propia

De la tabla 7 se puede concluir que las acciones más importantes para una estrategia exitosa en servicios de integridad son:

- i. Entregar valor mediante la búsqueda de una operación y mantenimiento preventivo con menores costos, acotando inversiones de reemplazo del *pipeline*.
- ii. Transferir conocimiento mediante el entrenamiento de los operadores, mejoras de los sistemas de impulsión y procedimientos de trabajo; involucrando a los operadores para alcanzar cero fallas en los sistemas de impulsión (TPM); y procedimientos de trabajo eficientes y eficaces (WCM).
- iii. Mostrar el resultado de los servicios mediante el *software* PI2T consolidando toda la información disponible de integridad (CMMS).
- iv. Promocionar constantemente para posicionar a BRASS como experto en integridad de tuberías a través de sus competencias centrales.

6.2 Estrategia de BRASS Ingeniería

Actualmente la estrategia de BRASS Ingeniería está direccionada por los siguientes objetivos estratégicos:

- Demostrar reputación y valor de marca, la cual se ha medido a través de la invitación a participar en la totalidad de licitaciones de proyectos de *pipeline* minero, ya sea transporte de agua, concentrados o relaves.
- Satisfacción de los clientes, la cual se mide mediante encuesta después de terminado cada proyecto, a la fecha los resultados indican satisfacción sobre el 87%.
- Búsqueda de nuevas oportunidades a través de la disciplina de investigación y desarrollo.
- Lograr ingeniería de clase mundial a través de una revisión continua de los procesos, la implementación de *knowledge-management* y la mejora continua de los sistemas de gestión de salud y seguridad de la empresa.

6.3 Desarrollo de la Spin-off

La spin-off de servicios de integridad usará como punto de partida las técnicas ya desarrolladas de pre-evaluación *voyager* y el *software* PI2T. Además, algunas actividades de soporte al mantenimiento que ya se realizan, tales como, apoyo en limpiezas de ductos y capacitación de operadores, ahora serán parte de los servicios de integridad.

La separación de la ingeniería de proyectos se debe factores externos como la diferencia de enfoque y necesidades que tienen ambos servicios. Los tomadores de decisión pertenecen a gerencias diferentes dentro de las compañías, como proyectos y operaciones, cada una con presiones y prioridades distintas. Se requiere que la spin-off cree una identidad nueva y una organización acorde a las necesidades específicas de la operación, pero usando las competencias de conocimiento de BRASS. Dentro de los factores internos está la necesidad de la empresa de avanzar en la diversificación de los negocios.

6.4 Aplicación del modelo DELTA

A diferencia de los modelos estratégicos tradicionales orientados en la competencia, el modelo delta se orienta a la satisfacción del cliente. Las tres opciones estratégicas primarias del modelo y las competencias necesarias para la sustentación de la empresa que lo adopta son:

- **Mejores productos:** Atrae al cliente por las características superiores del producto. Hay notable efectividad operacional, infraestructura de costos bajos y productos de alta calidad.
- **Soluciones integrales al cliente:** Provee al cliente con una solución personalizada a las necesidades más importantes. Hay comprensión profunda de los clientes, quienes reciben proposiciones de valor creativas y únicas.
- **Consolidación del sistema.** Establece dominación del mercado. Hay innovación admirable, uso eficaz de la tecnología de la información.

En la figura 15 se muestra el triángulo del modelo delta y ocho posiciones estratégicas que una empresa puede adoptar. Aunque las pymes nacen con una mentalidad centrada en el mejor producto para poder desarrollar las otras opciones estratégicas de “soluciones integrales al cliente” y “consolidación del sistema”, previamente se requiere una sólida fundación del posicionamiento de “mejor producto”. Por lo tanto, una pyme exitosa evoluciona a través del triángulo apuntando a alcanzar la consolidación del sistema. Para la nueva spin-off en servicios en integridad, la propuesta deberá ofrecer servicios que de manera aislada correspondan a una proposición de “mejor producto” y de manera combinada entreguen una “solución integral al cliente”.



Figura 15: Modelo Delta – Ocho posiciones estratégicas

Fuente: Arnoldo Hax - El modelo Delta; Reinventando la estrategia de tu negocio

Además, la spin-off deberá considerar:

- Infraestructura modular o la capacidad de operar de manera extremadamente eficiente con pequeñas cantidades; e infraestructura escalable, lo que significa que se podrá expandir el volumen de las operaciones al reproducir el formato modular exitoso.
- Enfocarse en la diferenciación de las características y funciones de los servicios existentes en la industria de los combustibles.
- Centrarse en el cliente y teniendo los siguientes atributos: debe ser única, debe ser difícil de imitar y de ser sustituida: debe producir un significativo valor agregado tanto para los clientes como para la empresa; y, consecuentemente, debe generar un inquebrantable vínculo afectivo con el cliente.

6.5 Estrategia de negocios para los servicios de integridad

6.5.1 Objetivos Estratégicos de la spin-off

Para alcanzar éxito en la implementación de la spin-off, se deberán cumplir los siguientes objetivos estratégicos:

- Generar un crecimiento sostenido. Plan de implementación que busque rentabilidad en el corto plazo (dos años) y superior al 20% en un plazo de 5 años (acorde con los niveles de rentabilidad de la compañía).
- Proporcionar satisfacción al cliente mediante mediciones de integridad que permitan mantener o mejorar la vida útil de la tubería generando ahorros en el largo plazo.
- Realizar ventas de servicios de integridad que alcancen un 25% del total de las actividades primarias de BRASS. Se busca diversificar los servicios que actualmente están concentrados en proyectos de ingeniería, los ingresos netos (sin el costo de servicios de proveedores externos) tienen que ser superiores a los 2 MM de USD.
- Adaptar a la industria minera de manera innovadora los servicios de integridad existentes en la industria de los combustibles.
- Fortalecer la marca BRASS a través de servicios de alta calidad y confiabilidad generando *loop* de lealtad, lo que permitirá convertirse en socio estratégico.
- Configurar un sistema de entrenamiento de personas orientado a entregar un servicio total al cliente.
- Desarrollar cultura de alto desempeño, mejorando habilidades como liderazgo, buena comunicación, trabajo en equipo y trabajo orientado a la eficacia.

6.5.2 Innovación

Existen dos tipos de innovación dependiendo de donde ésta provenga: Si ésta se produce dentro de la empresa se le denomina innovación interna; mientras que si ésta es adquirida fuera de ella, se le denomina innovación externa, generalmente a través de la cooperación entre empresas o simplemente por la adquisición de otra empresa. Los servicios de integridad innovarán de las siguientes maneras:

- i. Innovación en el servicio: Los servicios de integridad al igual que la ingeniería tradicional se entrega mediante la emisión digital de documentos. Los resultados de los servicios de integridad serán entregados y estarán disponibles a través del *software* BRASS PI2T (TIC), mediante una interfaz de maqueta tridimensional del pipeline se podrá acceder a

las diferentes capas de información. Esto permitirá que cada cliente pueda gestionar la integridad del *pipeline* accediendo rápidamente a las diferentes fuentes de información de las que se dispone.

- ii. Innovación del conocimiento: Se incentivará dentro de la organización la creación de conocimiento mediante la improvisación, la experimentación, la creatividad y el contacto directo. Para esto se promoverá el desarrollo esta competencia en los colaboradores y se dispondrá de un ingeniero encargado de mantener y mejorar constantemente el *software* propietario que se desarrolle.
- iii. Innovación continua durante el proceso de adquisiciones: Puesto que parte importante de la integridad requerirá de mediciones y/o de contratistas de construcción, se realizará una constante investigación en el mercado de estos servicios para poder ofrecer a los clientes soluciones nuevas y diferentes pero siempre ajustadas a los presupuestos y plazos de cada caso. Para esto se dispondrá de un ingeniero experto dedicado exclusivamente a las adquisiciones.

6.5.3 Visión y misión

La visión y misión se definen del calce entre el análisis del entorno externo, o lo que puede hacer la empresa (oportunidades y amenazas) y del análisis interno, o lo que podría hacer la empresa (competencias centrales). Haciendo este calce, la visión de la spin-off será: “Convertirnos en la empresa líder de los servicios de integridad para la minería y socio estratégico de nuestros clientes en la operación de transporte”.

La misión que permitirá aterrizar la visión y marcar la dirección de los servicios de integridad es: “BRASS-Integridad asume el compromiso de entregar servicios en integridad de pipeline, asegurando un estricto cumplimiento del ordenamiento jurídico aplicable, utilizando los mejores estándares, normas y prácticas internacionales; para entregar un servicio de alta calidad que busca la completa satisfacción de nuestros clientes. Los servicios abarcan el diagnóstico del diseño, operación, medición in-situ, evaluación y la reparación que permita a nuestro cliente cumplir o mejorar la expectativas de la vida útil, generando economía de activos y garantizando confiabilidad en el transporte”.

6.5.4 Factores Críticos de Éxito

Los factores que serán relevantes para el desarrollo exitoso del negocio son:

- 1) Clientes.
- 2) Marketing (*Targeting* y servicios de acuerdo a necesidades).
- 3) Precio de venta de los servicios.
- 4) Competencias centrales o sostenibles (*know-how*).
- 5) Personas (orientadas a descubrir la mente del cliente).
- 6) Proveedores de medición de espesores y construcción.

7. MODELO DE NEGOCIO

En la tabla 8 se muestra el lienzo o *canvas*³⁸ del modelo de negocios de los servicios de integridad, donde se describen las bases sobre las cuales BRASS creará y proporcionará valor a los clientes.

7.1 Segmentos de clientes

Inicialmente serán empresas mineras con las que BRASS ya ha establecido una relación comercial. Luego se sumaran otras compañías donde actualmente no se hayan realizado ventas de ingeniería.

7.2 Canales

Al igual que los servicios de ingeniería que BRASS vende actualmente, se contempla como canal de los servicios de integridad la venta directa del tipo consultiva. Las compañías mineras preparan los presupuestos de mantenimiento regularmente en meses definidos durante cada año, por lo que será importante programar visitas y presentar ofertas alineadas con los programas de cada compañía

7.3 Relaciones con Clientes

Se buscarán relaciones personalizadas con los clientes, que permitan conocer profundamente las necesidades y preferencias de los mismos, con el objetivo de definir un servicio ajustado a sus requerimientos. Será importante que los ingenieros de ventas tengan un adecuado nivel técnico y de habilidades de comunicación para que sean capaces de entender sin esfuerzo la problemática de cada cliente, ofrezcan perspectivas nuevas, entregando opciones y mostrando interés en el largo plazo. En caso de requerirlo, ser capaces de reconocer falencias y buscar el apoyo de los expertos en integridad, transmitiendo la consulta rápidamente para entregar la aclaración de manera oportuna.

7.4 Fuentes de Ingresos

Los servicios de integridad figuran dentro de los costos de mantenimiento que tienen las compañías que transportan a través de *pipeline*. Es importante conocer el tomador de decisión o *decision maker*, tanto en la parte operativa o técnica como en la parte comercial de la compañía.

7.5 Propuesta de Valor

- 1) Operación eficaz y eficiente.
- 2) Certeza en la capacidad de transporte del *pipeline*.
- 3) Economía de activos en el largo plazo.

³⁸ Osterwalder, Alexander y Pigneur, Yves. Generación de Modelos de Negocios. 2011. Editorial de Centro Libros PAPF, S.L.U.

7.6 Actividades Claves

Los servicios de apoyo al mantenimiento como entrenamiento de operadores son una oportunidad para mostrar los beneficios de servicios de mayor profundidad y análisis como la evaluación de la integridad.

Los servicios de diagnóstico del *pipeline* permitirán al cliente responder las siguientes preguntas: ¿La tubería puede transportar los requerimientos de producción actuales y durante los años restante de vida útil proyectada? ¿Cómo se pueden optimizar los procedimientos de operación y mantenimiento para lograr una operación eficaz y eficiente? ¿Cómo medir de manera confiable el estado de la tubería, grado de corrosión, daños en *liner* de HDPE?

7.7 Recursos Clave

La provisión externa de mediciones de espesor de tuberías, como la pasada de *pigs* inteligentes o mediciones puntuales de éste, la revisión de recubrimiento externo de la tubería, contratista de construcción para la reparación de *pipeline*, ensayos en laboratorio, horas de expertos en integridad.

7.8 Socios Clave

Para los casos de medición mediante *pig* inteligente, será interesante programar las mediciones para diferentes compañías y elegir el mejor proveedor precio/calidad que haga atractivo para el cliente realizar este tipo de mediciones, puesto que son de alto costo. También para la reparación y rehabilitación de *pipelines* existentes es crítico contar con constructores calificados, lo que deben asegurar un servicio de acuerdo a los exigentes protocolos de seguridad de las compañías y el cumplimiento de los plazos.

7.9 Estructura de Costos

Se determinará la cantidad de horas-hombre (HH) necesarias para desarrollar cada una de las actividades ofertadas. Aunque el beneficio puede ser mucho mayor al costo en HH que actualmente existe en el mercado de la ingeniería, las compañías mineras actualmente buscan servicios económicos por lo que una propuesta basada en precios de mercado estará alineada con la estrategia productiva de las compañías mineras.

<p>Socios clave</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Proveedores de mediciones de integridad mediante <i>pig</i> inteligente (ILI), lectura de los potenciales eléctricos de la protección catódica (CIS, DCVG, ACVG) y espesores por ultrasonido. ✓ Constructores calificados para reparar y rehabilitar <i>pipeline</i>. 	<p>Actividades clave</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Auditoría del sistema de impulsión. ✓ Medición de integridad. ✓ Evaluación del <i>Fitness for Purpose</i>. ✓ Mejora de los sistemas que resguardan la integridad. ✓ Reparaciones. 	<p>Propuesta de Valor</p> <p><u>Operación eficaz y eficiente:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Evaluar/certificar operadores. ✓ Evaluar procedimientos. ✓ Plan de mantenimiento preventivo. ✓ Información de integridad disponible a través de PI2T. <p><u>Certeza de capacidades:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Identificar tempranamente los daños del <i>pipeline</i>. ✓ Evaluar la integridad. ✓ Información de integridad disponible a través de PI2T. <p><u>Economía de activos largo plazo:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Plan de mantenimiento correctivo. ✓ Información de integridad disponible a través de PI2T. 	<p>Relación con los clientes</p> <p>Personalizada a través de apoyo en consultoría para resolver las planificación de los programas de mantenimiento.</p>	<p>Segmento de clientes</p> <p>Compañías mineras operadoras de <i>pipeline</i> en Chile, para el transporte de agua, concentrados y relaves.</p>
<p>Estructura de costos</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ HH de consultor nacional y de ingeniería: Ing.A (más de 8 años de experiencia), Ing.B (entre 3 y 5 años) e Ing.C (menos de 2 años). ✓ Servicios de medición de espesores por <i>pig</i> inteligente, potenciales eléctricos, espesores puntual por ultrasonido, contratista de construcción, etcétera. ✓ Costos administrativos. 		<p>Flujos de ingresos</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Presupuesto de las compañías para actividades de mantenimiento. ✓ Contrato marco para soporte de operaciones. 		

Tabla 8: Modelo del Negocio

Fuente: Elaboración propia

8. PLAN DE MARKETING

8.1 Diagnóstico

El diagnóstico para realizar el plan de marketing tiene las siguientes consideraciones:

- i. Situación económica: Si bien actualmente hay una desaceleración, para los próximos años existen proyecciones positivas de crecimiento en la zona sudamericana. Lo que permite esperar que se mantengan estables los precios de servicios y los presupuestos de mantenimiento de las empresas.
- ii. Tendencias: Las empresas están buscando mejorar su productividad. Será clave para el éxito del negocio de los servicios de integridad, mostrar los beneficios de ahorro en activos que se producirá en los sistemas de impulsión debido a que será posible aplazar inversiones como reemplazo completo de los pipelines existentes, sumado a los costos de eventuales mitigaciones por daños medioambientales.
- iii. Clientes: En general, las compañías mineras no consideran dentro de su organización un departamento a cargo de la gestión de integridad, a diferencia de lo que ocurre en la industria de los combustibles donde es una obligación legal. Sin embargo, existe la certeza de que se debe mejorar el mantenimiento y determinar la integridad del *pipeline*. Además de manifestar que tanto los operadores como los sistemas requieren mayor capacitación y mejoras.
- iv. Competidores: No existen empresas especializadas en integridad en *pipeline* minero. Para implementar su sistema de gestión en integridad, la minera Los Pelambres contrató a la empresa líder en el mercado mundial de la integridad en petróleo y gas.

8.2 Estrategia del plan de marketing

La figura 16 muestra a los servicios de integridad ubicados entre el marketing industrial y de servicios. La estrategia del plan de marketing deberá considerar las características especiales de los servicios como intangibilidad, inseparabilidad, variabilidad e *imperdurabilidad*, además de las características del marketing entre empresas que presenta canales de distribución directos, en este caso, los correspondientes a una venta consultiva. En cuanto a la estrategia genérica para abordar el mercado, esta dependerá del tipo de industria en el cual se entreguen los servicios de integridad. En el caso de la minería la estrategia genérica corresponderá a desarrollo de productos donde se deberá estimular una demanda ausente. Para el caso de las compañías de petróleo y gas la estrategia genérica corresponderá a diversificación.



Figura 16: Tipos de marketing

Fuente: IN77P-1 Dirección de Marketing, Jorge Lara

8.2.1 Objetivos del plan de marketing

Este plan de marketing busca posicionar a BRASS como empresa experta en servicios de integridad de *pipeline* minero. Para obtener dicho posicionamiento ante los clientes, se definen los siguientes objetivos:

- Diferenciar a BRASS tanto de las empresas que compiten en el mercado de los proyectos de ingeniería como de las empresas que compiten en el mercado de servicios de integridad actuales.
- Crecimiento y participación de mercado a través de la consolidación de ingresos netos superiores a los 2 MM USD.
- Fidelizar clientes para lograr un negocio sostenible a través de ingresos regulares durante la vida útil del *pipeline*.

8.2.2 Segmentación

Partiendo de una segmentación básica dada por el tipo de industria, es posible establecer los siguientes segmentos de mercado:

- i. Minería: Empresas de la gran minería cuyo negocio es la explotación de yacimientos de minerales de cobre o hierro. No tienen obligación legal de implantar un sistema de gestión de integridad (SGI). Sin embargo, todas estas empresas están obligadas a reparar y/o mitigar daños en caso de que se produzca un incidente medioambiental. Además no existe un mercado establecido de servicios de integridad enfocado en *pipeline* minero. De acuerdo a las características del líquido que se transporta por la tubería:
 - a. Operadoras de *pipeline* de concentrado de cobre: Tienen ingresos anuales superiores a los 1.000 MM USD. Todas estas empresas han tenido algún evento medio-ambiental donde han reparado los daños producidos. Algunas tienen ductos que están siendo reemplazados por otros nuevos quedando los antiguos fuera de servicio o funcionando como respaldo. Algunas además operan ductos que transportan agua para el proceso y/o relaves. Algunas faenas mineras que se encuentran dentro de esta categoría son: Escondida, Collahuasi, Andina, Los Bronces, Los Pelambres y Esperanza.
 - b. Operadoras de *pipeline* de concentrado de hierro: Actualmente hay dos faenas mineras en Chile, Hierro Atacama y Cerro Negro, ambas pertenecientes a CAP Minería. Para 2018 y 2019 se espera que entren en operaciones dos nuevas explotaciones con concentrado, Santo Domingo y Dominga respectivamente.
 - c. Operadoras de *pipeline* de agua para proceso: Actualmente hay seis empresas o faenas mineras que pueden ocupar esta categoría: Mantoverde, Candelaria, Sierra Gorda, Esperanza, Escondida y Acciona. A excepción de Escondida, todos estos sistemas de impulsión de agua realizaron su puesta en marcha en 2014.
- ii. Petróleo y gas: Los decretos 169 y 280 indican los requerimientos mínimos de los Sistemas de Integridad (ver anexos D y E de este documento). Existe un mercado mundial que provee de estos servicios de manera competitiva. Por el tamaño y tipo de empresas, éstas pueden separarse en dos grupos:

- a. Enap: Empresa del estado a cargo del monopolio de la refinación de crudo para el consumo nacional; además de la exploración y explotación de gas en la región de Magallanes.
- b. Empresas privadas de petróleo y gas: El negocio principal es el transporte y/o distribución, obteniendo ingresos que varían entre los 10 y 350 MM de USD. Algunas de estas empresas como Gasatacama incorporan dentro del negocio la generación de electricidad.

8.2.3 Posicionamiento

El posicionamiento, o la imagen que BRASS quiere proyectar en sus clientes, es el de una empresa conformada por un equipo profesional talentoso y experto en proveer soluciones de integridad de ductos, que agregan valor a la minería, generando una disminución de los costos durante la vida útil del *pipeline* y una operación con un alto grado de confiabilidad y de acuerdo a los más altos estándares de seguridad.

8.2.4 Targeting

Los servicios de integridad en la industria del petróleo y gas son poco atractivos porque se desarrollan en un mercado competitivo y de larga data, donde la experiencia juega un rol clave en la elección de los clientes. En la minería todavía estos servicios deben desarrollarse, además, en orden de magnitud, los ingresos de estas empresas es mayor. La figura 17 coteja el atractivo del negocio de cada segmento con las competencias centrales de BRASS. La spin-off abordará los servicios de integridad a empresas operadoras de pipeline que transportan concentrados y/o relaves.

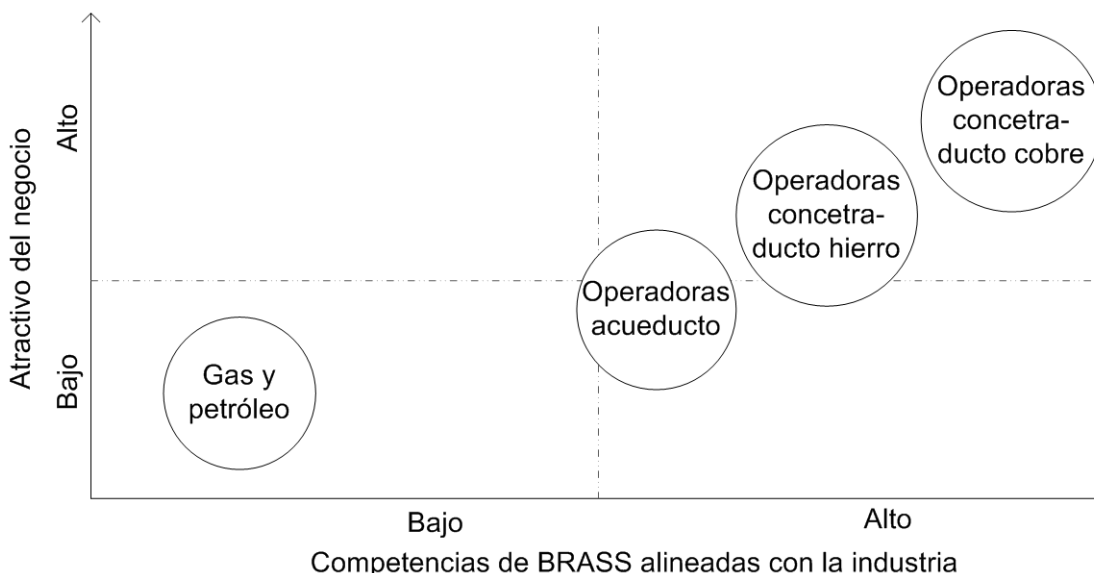


Figura 17: Selección del targeting

Fuente: Elaboración propia

8.3 Marketing Mix

8.3.1 Precio

Todas las compañías mineras consideran procesos formales para la contratación de servicios. La tabla 9 muestra los precios que se usarán en este plan de negocios, para fijarlos se han usado precios referenciales utilizados para servicios de mantenimiento y consultoría. Proyecciones hechas por expertos para 2015, muestran que la HH de ingeniería podría variar entre los 70 y 130 USD³⁹. Un precio promedio en servicios de integridad de 80 USD para la HH se encuentra dentro del rango pronosticado; y es un valor bajo dentro de éste, puesto que se asume que el costo en el mercado de la ingeniería tenderá a precios bajos.

Categoría	Precio UF	Precio USD	Precio \$
Consultor nacional	3,04	120	74.931
Jefe de proyecto	2,54	100	62.442
Ingeniero A	1,78	70	43.709
Ingeniero B	1,52	60	37.465
Ingeniero C	1,27	50	31.221
Promedio	2,03	80	49.954

Tabla 9: Precios referenciales de BRASS

Fuente: Elaboración propia

8.3.2 Productos

La tabla 10 muestra las necesidades, el producto/servicio que las satisface y los beneficios que adquirirá el cliente.

8.3.3 Plaza

El canal utilizado para la obtención de los clientes será presencial, a través de un representante de ventas. Los clientes participarán en un proceso de venta consultiva, el cual se caracteriza por ser complejo y dónde puede haber múltiples participantes si se realiza una licitación. Es un canal corto donde la toma de decisión requiere de mayor tiempo de racionalización. Se genera una relación más cercana entre el vendedor y comprador(es) existiendo énfasis en una venta personal y técnica. Cada uno de los servicios son planeados, coordinados y entregados por un equipo conformado por colaboradores de la spin-off de integridad. Además el proceso de venta contemplará entrevistas con los operadores los que generalmente no corresponden al tomador de decisión.

³⁹ http://www.aic.cl/pdf/mch_362_p166_p181.pdf Considera UF = \$ 24.622 y Dólar = \$624; valores al 31/3/2015.

Necesidad	Producto/servicio	Beneficio
Analizar la situación de integridad del <i>pipeline</i>	<u>Auditoría al sistema de gestión de integridad del <i>pipeline</i> (PIMS):</u> <ul style="list-style-type: none"> • Diseño. • Procedimientos de operación y mantenimiento (O&M). • Competencias de los operadores. • Organigrama • Sistema que resguardan la integridad del <i>pipeline</i>. 	Identificar desviaciones de los sistemas respecto a estándares internacionales y a las buenas prácticas. Entrega a través de la TIC, PI2T que permitirá gestionar el mantenimiento (CMMS).
Mantener la integridad del <i>pipeline</i>	<u>Mantenimiento</u> Limpieza mediante <i>pig</i> de limpieza o bombeo de químicos.	Mantenimiento preventivo que mejora <i>performance</i> de largo plazo
Mejorar la integridad mediante la operación	<u>Mejora de los sistemas</u> <ul style="list-style-type: none"> • Evaluación de operadores • Entrenamiento teórico y práctico con simulador. 	Aumentar la confiabilidad de la operación; reduciendo la probabilidad de falla.
Medir la integridad del <i>pipeline</i>	<u>Medición de integridad</u> Mediciones de integridad considerando: <ul style="list-style-type: none"> • Voyager • <i>Pig</i> inteligente. • CIP AC/DCVG • Espesores por ultrasonido 	Cuantificar la integridad del <i>pipeline</i> obteniendo la vida útil remanente de acuerdo a una evaluación de riesgos. Lista priorizada a través de PI2T de las reparaciones preventivas necesarias.
Evaluar la integridad del <i>pipeline</i>	<u>Evaluación de integridad</u> <ul style="list-style-type: none"> • Segmentación y determinación de las amenazas a la integridad. • Evaluación del riesgo ajustada al negocio mediante <i>software</i> propio. • <i>Fitness for Purpose</i> (FFP). 	Cuantificar la integridad del <i>pipeline</i> obteniendo la vida útil remanente de acuerdo a una evaluación de riesgos. Lista priorizada a través de PI2T de las reparaciones preventivas necesarias.
Aumentar la vida útil del <i>pipeline</i>	<u>Reparación</u> <ul style="list-style-type: none"> • Planificación de acuerdo a la estrategia de operación. • Supervisión de la rehabilitación del <i>pipeline</i>. • Construcción. 	Aumentar el valor del activo en el largo plazo. Aplazar inversión del reemplazo total del sistema de impulsión.

Tabla 10: Productos/Servicios

Fuente: Elaboración propia

8.3.4 Promoción

El mensaje que se transmitirá durante la promoción de los servicios deberá enfocarse en aumentar la cognición de la importancia de los servicios de integridad. Las charlas técnicas deberán ir enfocadas en aumentar la conciencia y conocimiento acerca de los beneficios que entregan estos servicios: 1) Certeza en la operación a través del funcionamiento continuo proyectado para la vida útil del pipeline; 2) Operación más económica y segura en el largo plazo permitiendo obtener eficiencia productiva y energética (*World Class Management*). Además para la presentación de la empresa, se resaltarán la experiencia y calidad del capital humano de BRASS, puesto que según el estudio de Phibrand⁴⁰, estos atributos son los mejor reconocidos por los clientes de empresas de ingeniería en minería.

Para crear y aumentar ventas se realizará el siguiente plan de acciones de marketing:

- Proceso ágil de venta consultiva: Realización de reuniones en faena entre operadores del cliente, agente de ventas y los expertos en integridad de BRASS. Fomento a relaciones personalizadas con los clientes, que permitan conocer profundamente las necesidades y preferencias de los mismos, con el objetivo de ofrecer servicios ajustados a sus requerimientos.
- Charlas técnicas sobre integridad de tuberías: Realización de seminarios en hoteles de Santiago o ciudades del norte con funcionarios seleccionados de las principales compañías mineras de Chile (*target*). Se busca informar acerca de los beneficios de los sistemas de gestión para la integridad de tuberías, mostrar las lecciones aprendidas en integridad de tuberías y generar contacto entre los operadores de las mineras y los expertos de BRASS.
- Mejora del sitio *WEB*: Es una herramienta de marketing que permite mostrar el posicionamiento de BRASS a través de imágenes y descripciones de los servicios; permite generar contacto directo con el cliente.
- Publicidad en la *WEB*: Publicidad de a través de *google-adwords*, debido a su efectividad y bajo costo comparado con cualquier otra forma de publicidad. Es posible encontrar planes desde los \$100 dólares mensuales. Google controla el 80% del tráfico global por lo que se permite crear enlaces de calidad mediante el mensaje de posicionamiento de los servicios de integridad desde otros sitios web. Además, durante el proceso de selección de los servicios, los usuarios tienden a buscar información de respaldo, la aparición de la publicidad en los motores de búsqueda y otros sitios web fortalecen el mensaje de posicionamiento de BRASS.
- Publicidad en revistas especializadas de minería: Tanto operadores como los tomadores de decisión están suscritos o leen a través de internet las principales publicaciones especializadas en minería. Se contempla avisos en los siguientes medios: Qué Pasa Minería, Nueva Minería & Energía, Minería Chilena, Área Minera, Revista Minera Crisol, etcétera.

⁴⁰ <http://www.phibrand.com/wp-content/uploads/Estudio-Marca-elIngenieria-Phibrand.pdf>

8.3.5 Costo de la promoción

La promoción será realizada por la gerencia comercial de BRASS y ejecutada a través del ingeniero de ventas durante el primer año de operaciones. La tabla 11 muestra el presupuesto destinado a la promoción.

Ítem	1Q	2Q	3Q	4Q	1Y	2Y	3Y	4Y	5Y
<i>Ing. Ventas (½ jornada)</i>	-107	-107	-107	-107	-426	-426	-426	-426	-426
<i>HH de expertos</i>	0	-53	-27	-27	-106	0	-27	-27	-27
<i>Pasajes</i>	0	-30	-30	-30	-91	0	-30	-30	-30
<i>Charlas técnicas (seminarios)</i>	0	-305	0	-305	-609	0	-305	0	-305
<i>Publicidad en revistas</i>	0	-104	-104	-104	-311	0	-104	-104	-104
<i>WEB</i>	-106	-106	-57	-57	-325	0	-195	-195	-195
<i>Gastos de Marketing (UF)</i>	-212	-704	-324	-629	-1.869	-426	-1.087	-782	-1.087

Tabla 11: Presupuesto promoción marketing

Fuente: Elaboración propia

8.3.6 Control

El control de la efectividad del plan se realizará mediante el seguimiento de los indicadores mensuales de ventas y rentabilidad, además del control de la eficiencia del plan, o sea que se mantenga de acuerdo a los costos presupuestados. Se contemplan las siguientes acciones para la medición y evaluación:

- Reuniones con los *stakeholders* (gerentes, colaboradores, clientes, proveedores).
- *Focus Groups*.
- Encuestas de Satisfacción.
- Medición de ventas de productos relacionados.
- Determinación de medidas de ajuste.

9. MODELO Y PLAN DE OPERACIONES

Los servicios de integridad estarán orientados por los siguientes objetivos operacionales:

- Alta Satisfacción del cliente a través de entrega en plazo y enfoque de alta calidad.
- Procesos eficientes y eficaces.
- Capacitaciones para fomentar relaciones de largo plazo con los clientes.
- *Downscoping* de actividades no relacionadas directamente con las competencias centrales de BRASS.

9.1 Mapas Estratégicos

La figura 18 muestra un mapa de los objetivos estratégicos de los servicios de integridad. El diagrama causa-efecto indica cómo se generará valor y se alcanzará la visión de BRASS como empresa líder en servicios de integridad. Las actividades deberán cumplir con los objetivos de las perspectivas financiera, de clientes, de procesos y de aprendizaje e innovación.

La figura 19 muestra el sistema de actividades relacionadas con los servicios establecidos en el estudio de mercado (tabla 10 de este documento). Las actividades corresponden a servicios de auditoría del sistema de impulsión, la medición y evaluación de integridad del *pipeline*, la rehabilitación y reparaciones, junto con las actividades de mejoramiento de los sistemas y apoyo al mantenimiento.

9.2 Localización

Los trabajos de escritorio serán realizados en las oficinas de BRASS, mientras que para el desarrollo de los servicios se contempla solicitar a los clientes un puesto de trabajo o un *container* habilitado como oficina, lo que dependerá de la envergadura del servicio contratado. Se preferirá la localización en la faena puesto que facilita el relacionamiento con el cliente, permitiendo identificar nuevas necesidades que pueden ser resueltas por BRASS.

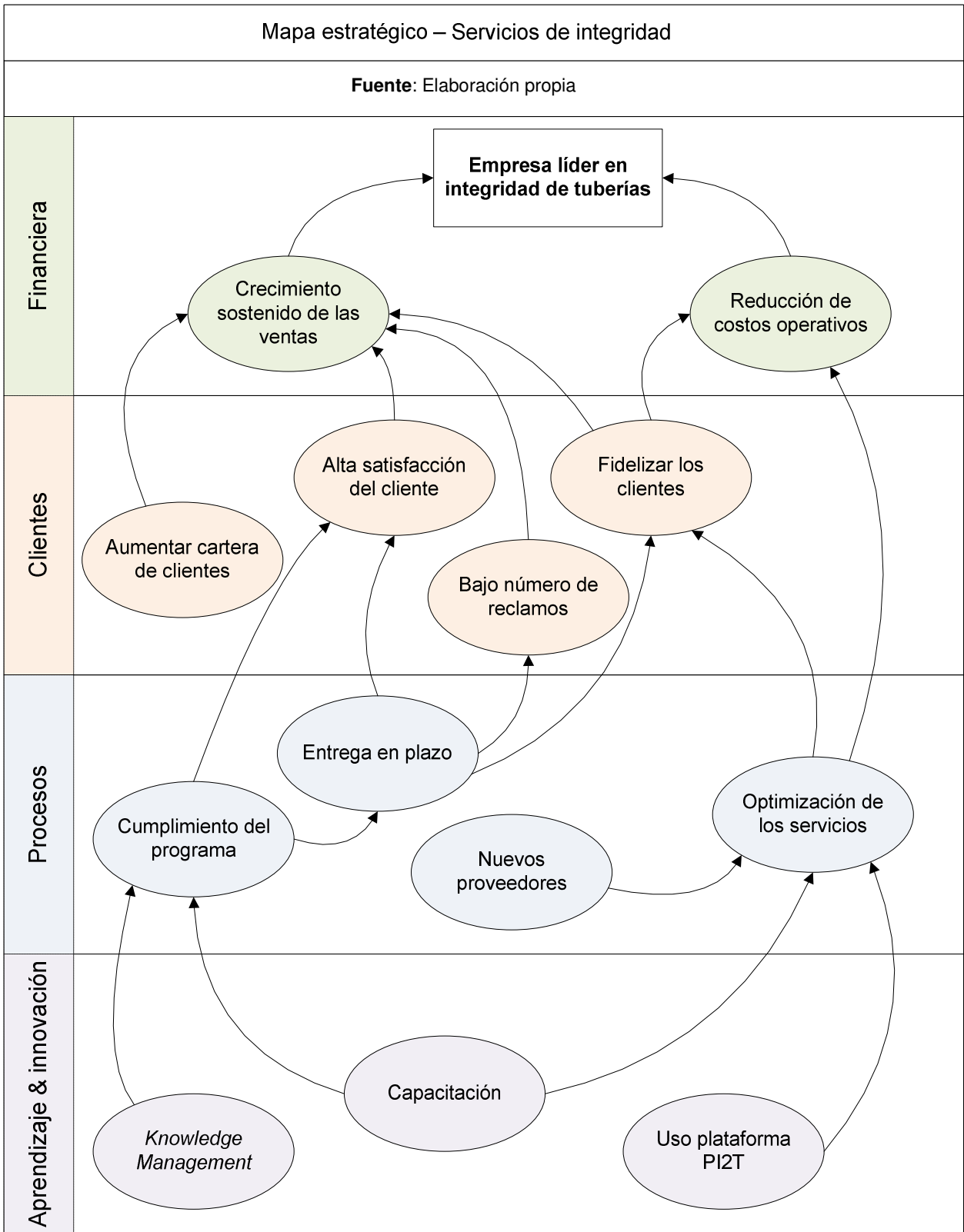
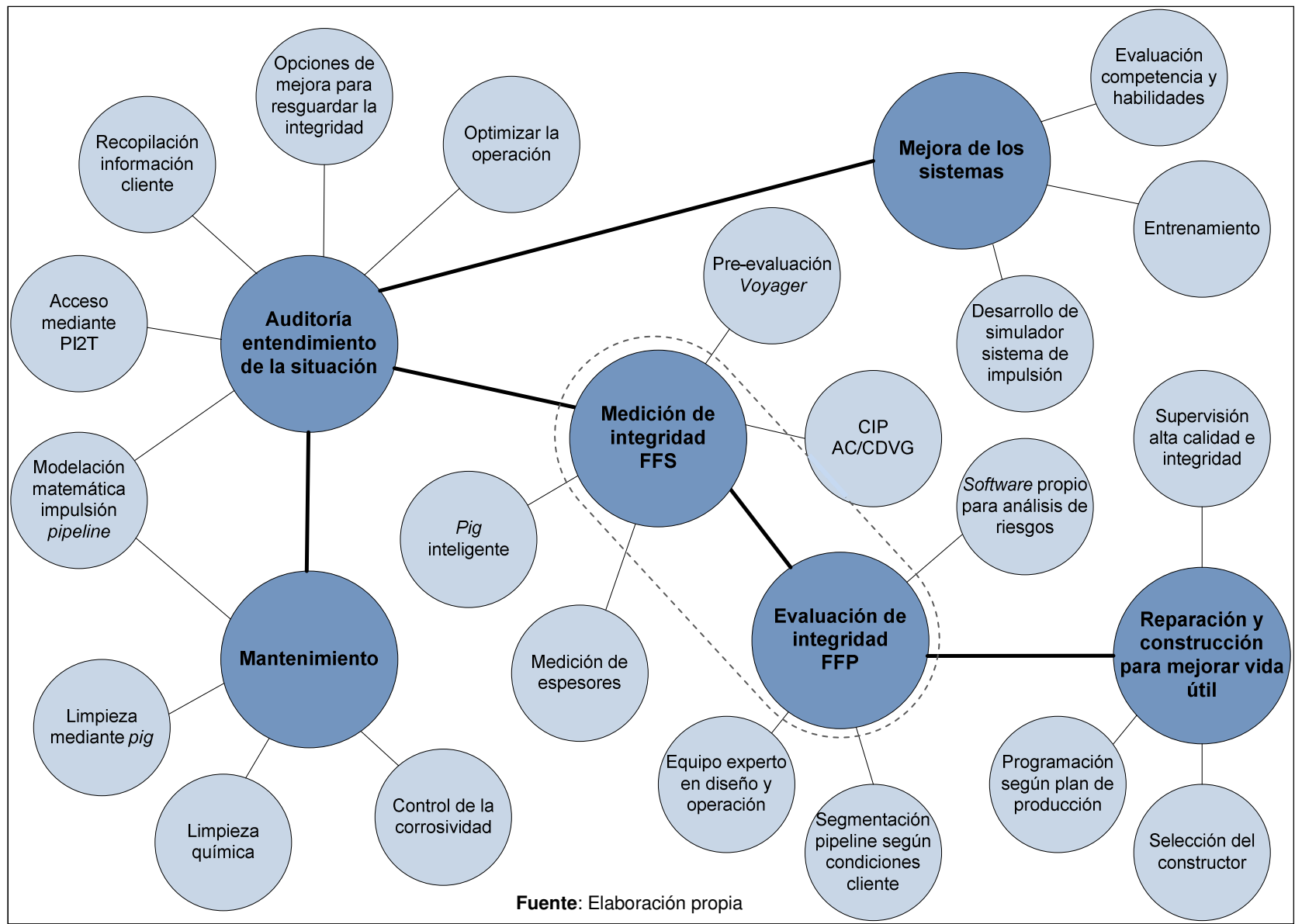


Figura 18: Mapa estratégico



Fuente: Elaboración propia

Figura 19: Mapa de los sistemas de actividades

9.3 Sourcing

La figura 20 muestra la metodología “mapa MIT/SLOAN” propuesta por Charles Fine, para determinar cuáles actividades conviene externalizar (*downscoping*) o bien desarrollarlas dentro de la empresa. Se analiza cada proceso de acuerdo a los cinco criterios siguientes:



Figura 20: Mapa MIT/SLOAN: Combinaciones para insourcing/outsourcing

Fuente: IN75T Dirección de Operaciones MBA, Iván Braga

La tabla 12 muestra las actividades analizadas y el resultado o decisión en cuanto a su incorporación a la cadena de valor. Éste análisis puede cambiar en el tiempo, por lo que sugiere volver a revisar el valor estratégico de las actividades de la empresa en forma frecuente. Un segundo *downscoping* (*outsourcing*) o bien una integración vertical (*insourcing*) puede llevarse a cabo al término del segundo año de operaciones.

Actividades	Importancia para el cliente	Reloj tecnológico	Posición competitiva	Capacidad proveedores	Arquitectura	Resultado
Actividades de apoyo						
RRHH y Control de los servicios	Poca	Lento	Equilibrio	Muchos	Modular	Mediante la jefatura de RRHH de BRASS
Administración y finanzas	Poca	Lento	Equilibrio	Muchos	Modular	Mediante la administración de BRASS
TIC - software PI2T	Alta	Rápido	Ventaja	Muchos	Integral	Uso y mantenimiento del software PI2T a través de los ingenieros de integridad
Abastecimiento y subcontratación	Alta	Lento	Ventaja	Muchos	Integral	Abastecimiento y subcontratación de servicios a través de un ingeniero de integridad
Actividades primarias						
Desarrollo software de análisis de riesgos	Alta	Rápido	Ventaja	Pocos	Modular	Se desarrollará conformando una ventaja competitiva de BRASS
Medición <i>voyager</i>	Alta	Rápido	Ventaja	Ninguno	Modular	Se seguirá desarrollando como servicio diferenciador de BRASS
Mantenimiento	Alta	Lento	Ventaja	Pocos	Modular	Se desarrollará como servicio diferenciador de BRASS
Medición mediante potenciales eléctricos	Alta	Lento	Desventaja	Pocos	Modular	Se contratará empresa experta
Medición mediante <i>pig</i> inteligente	Alta	Rápido	Desventaja	Pocos	Modular	Se contratará empresa experta
Medición mediante ultrasonido	Alta	Rápido	Desventaja	Pocos	Modular	Se contratará empresa experta
Equipo experto en integridad	Alta	Rápido	Desventaja	Pocos	Integral	Se considerarán HH de los ingenieros sénior de BRASS
Reparaciones	Alta	Lento	Equilibrio	Pocos	Modular	BRASS sólo administrará la construcción

Tabla 12: Actividades *outsourcing/insourcing*

Fuente: Elaboración propia

9.4 Cadena de Valor

La figura 21 muestra la cadena de valor compuesta por cuatro etapas fundamentales.

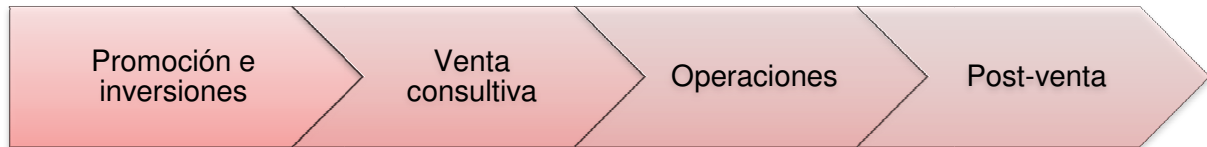


Figura 21: Macro-procesos de las operaciones

Fuente: Elaboración propia

9.4.1 Promoción

Al comenzar con las actividades primarias, se contempla una etapa de promoción donde se ejecutará parte importante del plan de marketing.

9.4.2 Inversiones en desarrollo

Paralelo a la promoción, se deberán realizar las siguientes inversiones en desarrollo:

- *Software* PI2T: Un pipeline típico tiene alrededor de 100 km de longitud, lo que significa manejar una gran cantidad de información crítica acerca de la integridad del ducto. Se hace necesario contar con una herramienta gráfica que permita exponer de manera rápida toda esta información. El PI2T es una interfaz que permite mostrar en ambiente de maqueta 3D (*Google-Earth* o similar) el *pipeline* y mediante capas desplegar toda la información de integridad. Además permite comunicar el desarrollo de los servicios de forma gráfica indicando en colores el avance de los trabajos y resultados obtenidos.
- *Software* de evaluación de riesgos: El *pipeline* minero tiene amenazas y riesgos diferentes a los existentes en petróleo y gas. La experiencia de BRASS en prácticamente la totalidad de los ductos que operan en América del Sur, permitirá desarrollar una herramienta que evalúe riesgos y muestre gráficamente el plan de mitigaciones.
- Sistema de integridad BRASS: Procedimientos e instructivos para el plan de calidad, lo que será supervisado por la jefatura de calidad de BRASS. También contemplará el desarrollo de estándares que permitirán evaluar procedimientos y planes de los clientes.
- *Software de Knowledge Management*: Desarrollo necesario para integrar los conocimientos de integridad de tuberías, una descripción más detallada se encuentra en el punto 11.7 de este documento.

La tabla 13 muestra las actividades y cantidad de horas para los desarrollos que se requieren en el inicio de las operaciones. Éstos podrán ser abordados por ingenieros del área de proyectos de BRASS; o preferentemente por los ingenieros de la spin-off, lo que permitirá que se prueben en diferentes puestos de trabajo. Al mismo tiempo permitirá una evaluación más detallada de sus competencias y monitorear el desarrollo de las habilidades. Los desarrollos son puntos de partida, puesto que éstos deberán ir adaptándose y mejorando de forma continua.

Actividad	CN	JP	IA	IB	IC	Total HH
Software PI2T						
Desarrollo interfaz	50		120		350	520
<i>Focus Group</i>	50		80	80		150
Capacitación usuarios				50	120	170
Licencias						
Software de Riesgos						
Desarrollo interfaz			100		250	350
<i>Focus Group</i>	70		50	50		170
Capacitación usuarios				25	50	75
Licencias						
Plan de integridad BRASS						
Estudio ventajas de integridad	20		80		100	200
2 x Procedimientos SGC	20		80		100	200
4 x Procedimientos O&M	40		160		200	400
2 x Planes de integridad	20		80		100	200
Bases de Datos	40		80		100	220
Software de Knowledge Management						
Desarrollo interfaz	50		150		250	450
<i>Focus Group</i>	50		100		80	230
Capacitación usuarios			50		120	170
Licencias						

Tabla 13: Inversiones en desarrollo

Fuente: Elaboración propia

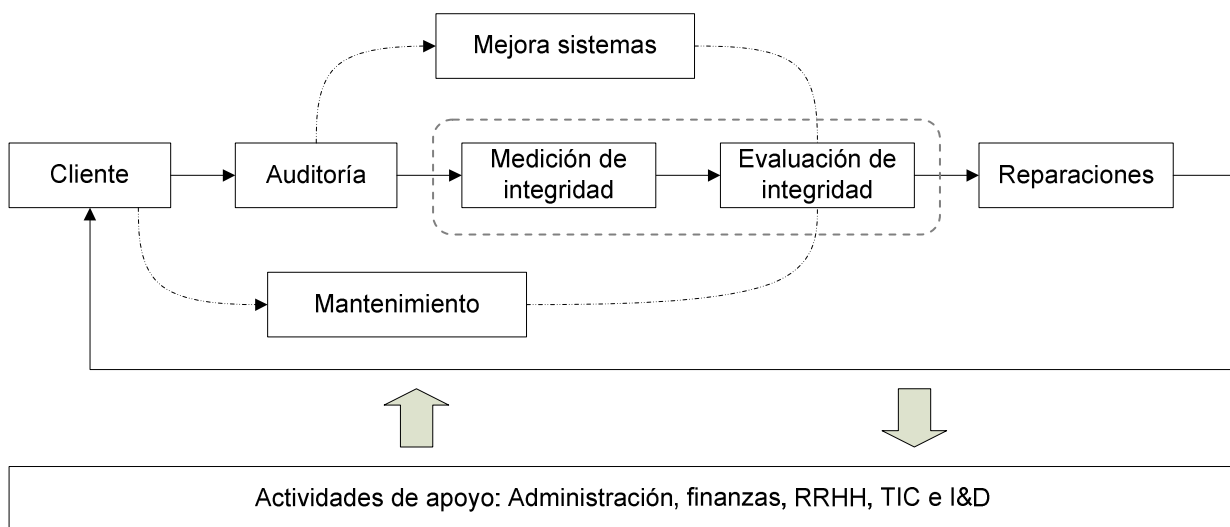
9.4.3 Logística de entrada - Ventas:

En una empresa de servicios el cliente se transforma en proveedor, puesto que proporciona información vital durante el desarrollo del servicio, y a su vez, es el cliente final del mismo. Debe existir una comunicación fluida entre agente de ventas y el equipo de integridad, buscando generar el mayor valor agregado posible. La logística de entrada corresponderá a la recolección de información necesaria del cliente con el fin de analizar y diseñar la solución que se ofrecerá. Esta se realizará mediante reuniones donde se propondrán opciones para ajustar al servicio a los requerimientos y presupuestos de cada cliente.

9.4.4 Operaciones

La figura 22 muestra el macro-proceso de la integridad de tuberías compuesto por los seis tipos de servicios que entregará BRASS a sus clientes. Cuatro de ellos conforman el ciclo completo de integridad: auditoría o recolección de datos, medición y evaluación de la integridad y reparaciones. Los servicios han sido desagregados para hacerlos calzar con presupuestos acotados y escalables en el largo plazo. Adicionalmente se complementan servicios de

mantenimiento y mejora de los sistemas a través del entrenamiento de operadores. El punto 9.5 de este documento muestra las actividades de cada uno de los procesos de integridad.



Fuente: Elaboración propia
Figura 22: Macro-proceso de integridad de tuberías

9.4.5 Logística de salida - Post-venta

La asistencia al cliente deberá brindarse en todo momento, y no sólo durante el proceso de venta y entrega de los servicios, sino que también, después de haberse concretado éstos. Para lograr fidelidad en los clientes, es fundamental brindar un buen servicio y responder a las inquietudes post-venta. También son importantes las recomendaciones que los clientes pueden entregar a otros operadores de *pipeline*. También el servicio de post-venta mantiene el contacto y alarga la relación con el cliente, permitiendo poner fecha al servicio siguiente. Las actividades de post-venta serán ejecutadas por el agente de ventas y básicamente son: 1) Conocer las impresiones del cliente luego de haber hecho uso de los servicios de integridad, buscando oportunidades de mejora; 2) Responder las inquietudes de cada cliente; y 3) Identificar nuevas necesidades o preferencias.

9.4.6 Actividades de apoyo

Son aquellas actividades que agregan valor al servicio pero que no están directamente relacionadas con la producción y comercialización de éste, son el apoyo a las actividades primarias. Tales como la planeación, las finanzas, la contabilidad y la gestión de las personas o RRHH. Estas actividades serán realizadas por los departamentos de BRASS Ingeniería. En la spin-off, las actividades comerciales y de investigación & desarrollo se realizarán cada una, mediante un puesto de trabajo exclusivo.

9.5 Procesos

La figura 23 muestra las actividades asociadas a cada uno de los servicios en integridad de tuberías que se ofrecerán.

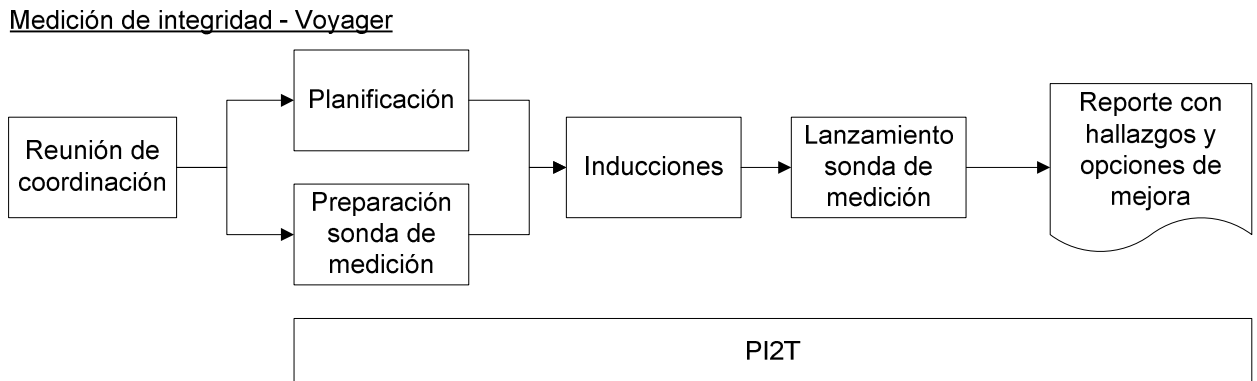
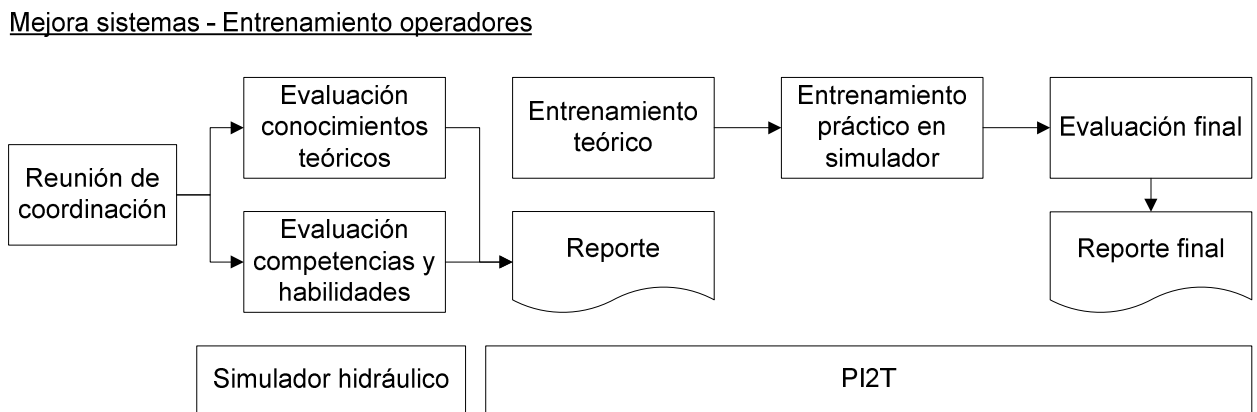
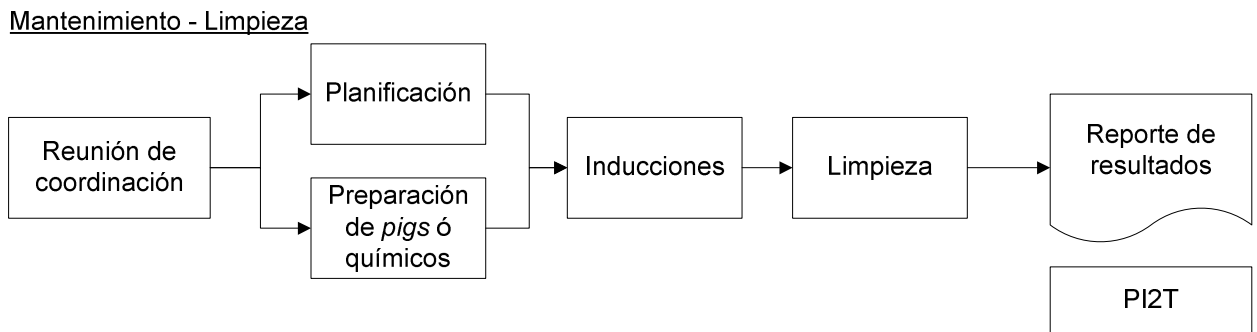
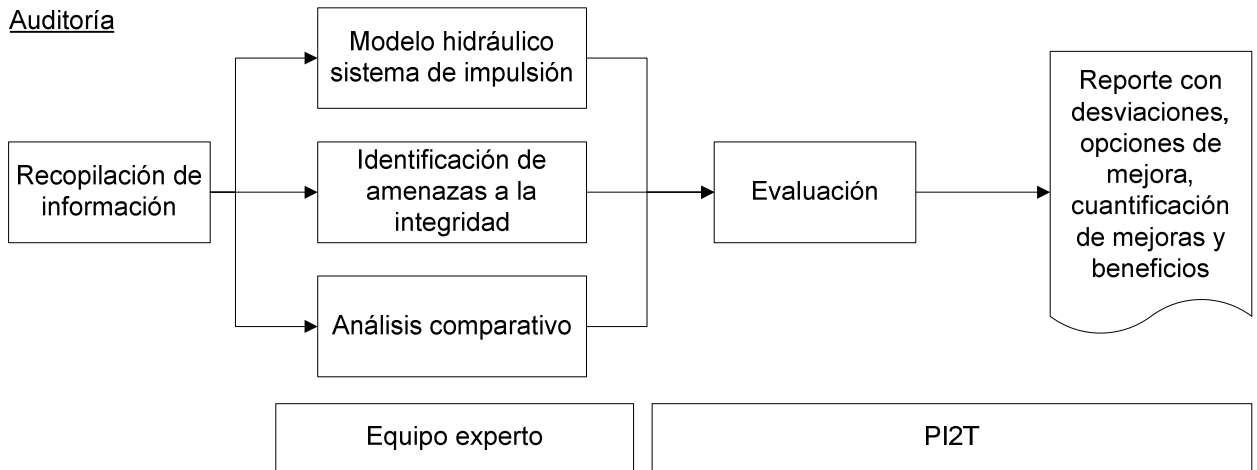
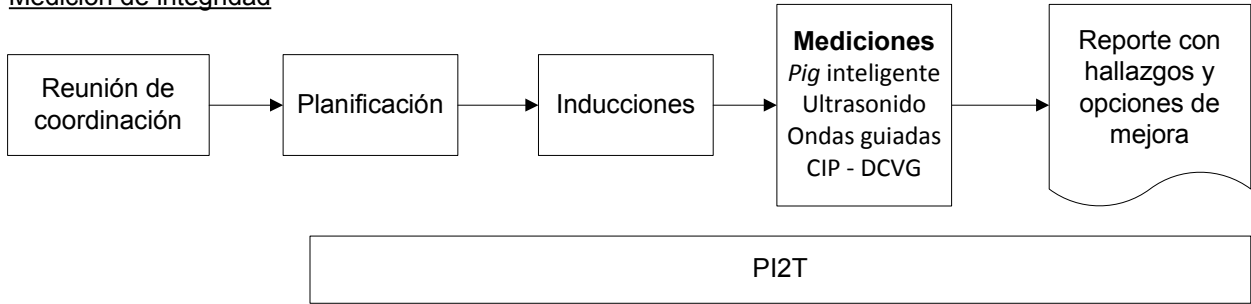
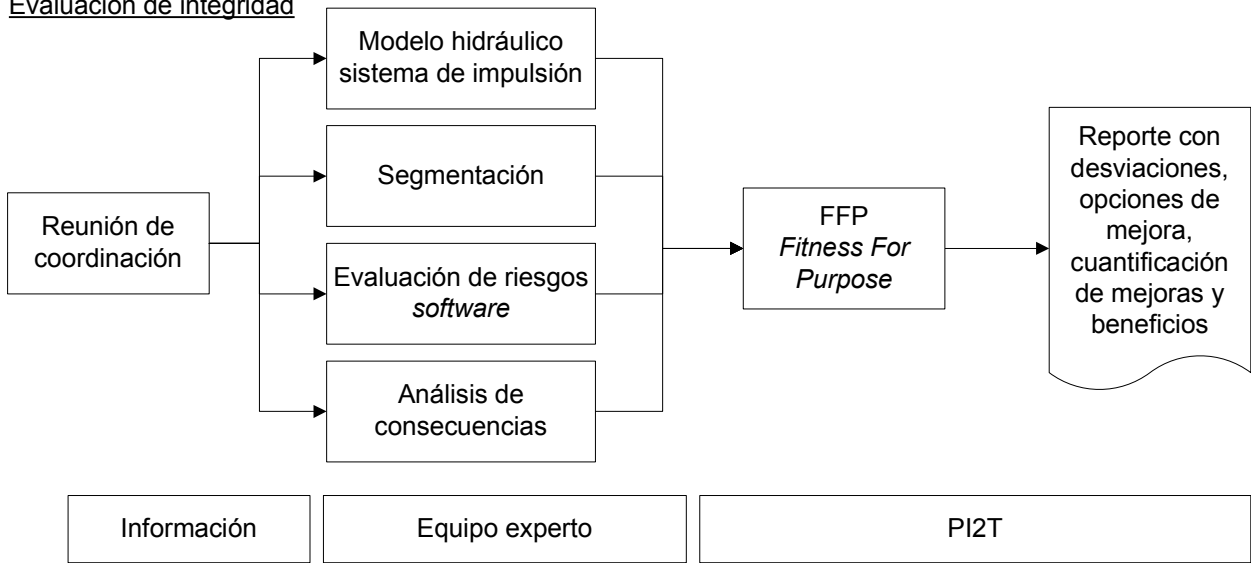


Figura 23: Procesos
Fuente: Elaboración propia

Medición de integridad



Evaluación de integridad



Rehabilitación

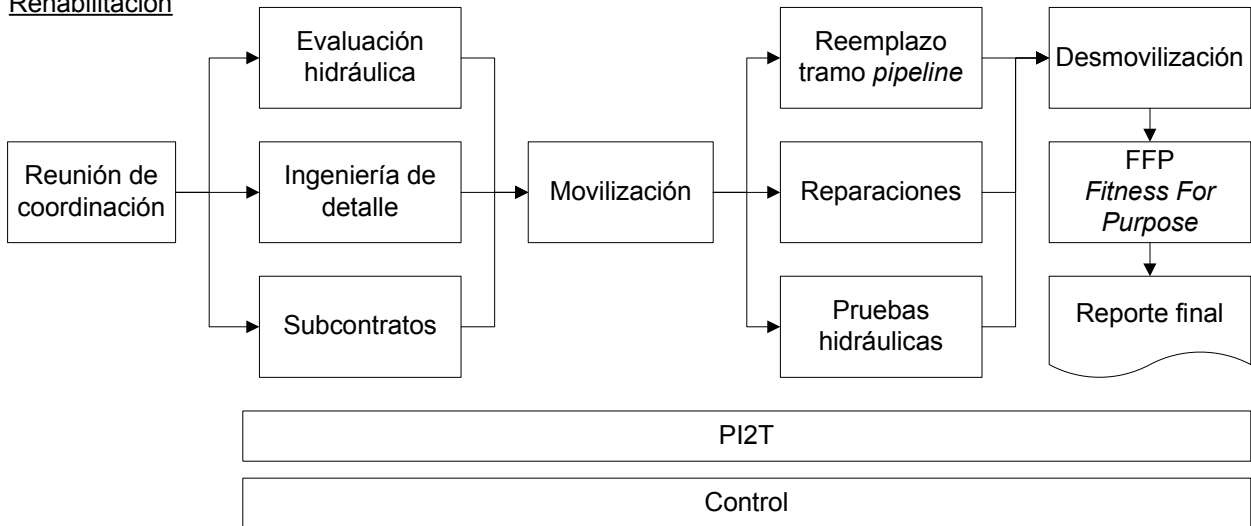


Figura 23 (continuación): Procesos

Fuente: Elaboración propia

9.6 Costeo

La tabla 14 muestra el precio de las horas, de los subcontratos y EBITDA estimado para cada servicio de acuerdo con los precios indicados en el punto de 8.3.1 de este documento. Cada servicio contempla un *pipeline* de 100 km de longitud, a excepción de la rehabilitación que contempla 50 km. Por el alto costo de la construcción de *pipeline* está debería abordarse en etapas, de acuerdo a la priorización determinada en la evaluación de integridad. El detalle de la cantidad horas por categoría de ingeniero se encuentra en el anexo B de este documento.

Servicio	HH	Valor Horas UF	Valor Sub-contratos UF	Precio UF	Precio* UF	EBITDA (estimado) UF
Auditoría	1.640	3.319	0	3.319	3.319	1.789
<i>Voyager</i>	490	1.110	1.150	2.260	1.110	501
<i>Pig</i> limpieza	245	438	162	601	438	239
Limpieza química	540	1.148	1.014	2.162	1.148	556
Medición con <i>pig</i> inteligente	440	783	12.680	13.463	783	443
Medición de espesores con ultrasonido	440	783	3.262	4.045	783	443
Medición con ondas guiadas ó MMM	440	783	14.197	14.980	783	443
Medición con CIP AC/DCVG	440	783	7.493	8.276	783	443
Evaluación de integridad	1.975	3.906	0	3.906	3.906	2.136
Entrenamiento de operadores	445	857	0	857	857	465
Rehabilitación 50 km <i>pipeline</i> y reparación 2 km	2.365	8.623	27.043	35.667	8.623	2.465

Tabla 14: Costeo de los Servicios

Fuente: Elaboración propia

9.7 Abastecimiento Estratégico

La tabla 15 muestra los subcontratos e insumos necesarios para cada uno de los servicios ofertados. Solo los subcontratos de servicios representan un alto porcentaje del valor de cada servicio, mayor al 80% de éste. Por lo mismo se hace necesaria la dedicación exclusiva de un ingeniero especialista en abastecimiento. Esta área se relacionará directamente con proveedores y/o *partners*, donde se deberán elaborar contratos con SLA (niveles de servicio) con el fin de contar con alta calidad y entrega adecuada al plazo de cada uno de los servicios.

Servicios / Insumos	Sub-contrato UF	Precio Servicio UF	%
Voyager			
<i>Sonda de inspección</i>	1.077	2.260	48%
Pig limpieza			
<i>Pigs</i>	154	601	26%
Limpieza química			
<i>Químicos de limpieza</i>	961	2.162	44%
Medición Integridad			
<i>Pasada Pig inteligente</i>	12.011	13.463	89%
<i>Medición espesores con ultrasonido</i>	3.090	4.045	76%
<i>Ondas guiadas ó MMM</i>	13.448	14.980	90%
<i>CIP AC/DCVG</i>	7.098	8.276	86%
Rehabilitación 50 km; reparación 2 km			
<i>Ingeniería de detalle</i>	412	-	-
<i>Tubería y materiales</i>	4.213	-	-
<i>Movilización</i>	1.875	-	-
<i>Reparación 2 km de tubería</i>	8.440	-	-
<i>Reparación revestimiento exterior tubería 2 km</i>	2.883	-	-
<i>Pruebas hidráulicas 28 km</i>	8.794	-	-
<i>Desmovilización</i>	288	-	-
<i>Total</i>	26.905	35.667	75%

Tabla 15: Abastecimiento estratégico

Fuente: Elaboración propia

9.8 Certificaciones y Aseguramiento de la Calidad

Durante el primer año de operaciones se realizarán las certificaciones mediante ISO 9.001 e ISO 14.001, los responsables serán las jefaturas de calidad y medio ambiente de BRASS. Como la empresa ya se ha certificado cuatro veces no será necesario requerir de asesoría externa, sin embargo, se deberá contar con la documentación técnica de procesos e instructivos específicos de los servicios de integridad (los que están contemplados en el punto 9.4.2 de este documento). Para el aseguramiento de la calidad, el área de control de BRASS realizará las siguientes actividades:

- i. Verificar el entendimiento de las necesidades de cada servicio.
- ii. Listar las actividades críticas de cada servicio.
- iii. Analizar la causa de desviaciones en la planificación.
- iv. Indicar acciones de mejoras.
- v. Seguir las acciones de mejoras.

Las actividades de aseguramiento de la calidad se realizarán al inicio, al 30% de avance y después de la finalización de cada servicio.

10. PLAN DE IMPLEMENTACIÓN

En una primera etapa de la implementación, se deberá considerar sobrecapacidad en personas para sortear los frecuentes cambios que conlleva la etapa inicial. Luego en la etapa de crecimiento, año dos y tres, se diversificará el tipo de servicios aplicando mejoras continuas que tenderán a la estandarización y eficiencia operacional. La figura 24 muestra el plan de implementación donde se indica una estimación del personal a contratar, las inversiones en desarrollo, las certificaciones y la constante promoción de marketing.

Actividad	1Q	2Q	3Q	4Q	2Y	3Y	4Y	5Y
Contrataciones								
<i>Gerente de Integridad</i>	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Ingeniero I&D</i>	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Ingeniero de ventas</i>	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Ingeniero A</i>	1	1	1	1	1	1	1	2
<i>Ingeniero de subcontratos</i>						1	1	1
<i>Ingenieros B</i>		1	1	1	1	1	2	3
<i>Ingenieros C</i>			1	1	1	2	3	3
Inversión en desarrollo								
<i>Software PI2T</i>	900 HH							
<i>Software de Riesgos</i>		600 HH						
<i>Software Knowledge M.</i>		850 HH						
<i>Plan de integridad BRASS</i>		1220 HH						
Certificaciones								
<i>ISO 9001</i>	✓	✓	✓					
<i>ISO 14001</i>		✓	✓	✓				
Promoción de marketing								
<i>Charlas técnicas</i>		1			1		1	
<i>Promoción Revistas</i>		3	3	3	3	3	3	3
<i>Promoción WEB</i>	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

Figura 24: Plan de implementación

Fuente: Elaboración propia

La tabla 16 muestra los indicadores que se deberá controlar para alcanzar la estrategia de la spin-off de servicios de integridad de BRASS. Éstos deberán ser calibrados en la medida que desarrolle la implementación y de acuerdo cómo evolucionen.


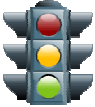





	Indicador (KPI) y objetivo específico	Métrica	Metas	Frecuencia	Responsable	Fuente
Financiera	<u>Ventas</u> : Crecimiento sostenido de las ventas	$\frac{Ventas\ período}{Ventas\ período\ anterior} - 1$	 X <5% 5% ≤ X <10% X ≥ 10%	Mensual	Ingeniero Ventas	Informe de costos mensual por proyecto
	<u>ROI</u> : Retorno sobre el capital invertido	$\frac{Utilidades}{Ventas\ período}$	 X <5% 5% ≤ X <20% X ≥ 20%	Mensual	Gerencia de Integridad	Estados financieros mensuales
	<u>Costo de producción</u> : Incremento de los márgenes de explotación de los servicios	$\frac{Costo\ servicio}{Costo\ período\ anterior} - 1$	 X <1% 1% ≤ X <2% X ≥ 2%	Mensual	Gerencia de Integridad	Estados financieros mensuales
Cliente	<u>Satisfacción del cliente</u> : Fidelizar clientes	$\frac{Encuestas\ con\ nota\ >\ 6}{Encuestas\ totales}$	 X <60% 60% ≤ X <90% X ≥ 90%	Bimestral	Gerencia de Calidad	Encuestas recibidas
	<u>Número de reclamos</u> : Servicios de alta calidad	$\frac{N^{\circ}\ de\ reclamos}{N^{\circ}\ total\ de\ clientes}$	 X >10 3 < X <10 X ≤ 3	Bimestral	Gerencia de Integridad	Reclamos recibidos
	<u>Cartera de clientes</u> : Aumentar la cartera de clientes	$\frac{N^{\circ}\ de\ nuevos\ clientes}{N^{\circ}\ clientes\ existentes}$	 X = 0 1 ≤ X < 2 X ≥ 3	Trimestral	Gerencia comercial/ Ingeniero de ventas	Reporte de ventas
	<u>Diversidad de servicios</u> : Ventas de los diferentes tipo de servicio	<i>Tipos de servicios vendidos</i>	 X < 2 3 ≤ X < 5 X ≥ 5	Trimestral	Gerencia de Integridad/ Ingeniero de ventas	Reporte de ventas

Tabla 16: **Balance Scorecard - Servicios de integridad**

Fuente: Elaboración propia








	Indicador (KPI) y objetivo específico	Métrica	Metas	Frecuencia	Responsable	Fuente
Procesos	<u>Plazos:</u> Servicios entregados dentro de los plazos contractuales	$\frac{\text{Servicios entregados en plazo}}{\text{Total servicios}}$	 X <60% 60% ≤ X <85% X ≥85%	Trimestral	Gerencia de Integridad	Reporte de gerencia
	<u>Optimización:</u> Cumplimiento del programa del servicio	$\frac{\text{Nº actividades realizadas}}{\text{Nº total actividades}}$	 X <60% 60% ≤ X <85% X ≥85%	Mensual	Gerencia de Integridad	Reporte de gerencia
	<u>Innovación:</u> Mejora operativa de los servicios	$\frac{\text{Nº procesos mejorados}}{\text{Nº total de procesos}}$	 X <1% 1% ≤ X <2% X ≥2%	Trimestral	Gerencia de Integridad	Reporte de gerencia
	<u>Nuevos proveedores:</u> Búsqueda de alianzas estratégicas	$\frac{\text{Nº nuevos proveedores en procesos claves}}{\text{Nº total de procesos}}$	 X <1% 1% ≤ X <2% X ≥2%	Trimestral	Gerencia de Integridad	Reporte de gerencia
Aprendizaje y crecimiento	<u>PI2T:</u> Uso de plataforma TIC (BRASS / clientes)	$\frac{\text{Nº usuarios}}{\text{Nº total de usuarios}}$	 X <60% 60% ≤ X <90% X ≥90%	Mensual	Gerencia de Integridad	Encuestas recibidas
	<u>Knowledge Management:</u> Tiempo de uso software de información.	$\frac{\text{Promedio de HH semanal por persona}}{\text{Nº personas capacitadas}}$	 X >7% 2% < X ≤7% X ≤2%	Mensual	Gerencia de Integridad	Reporte de uso software.
	<u>Capacitación:</u> Cumplimiento horas de capacitación	$\frac{\text{Nº personas con nota > 5,5}}{\text{Nº personas capacitadas}}$	 X <70% 70% ≤ X <90% X ≥90%	Trimestral	Gerencia de RRHH	Reporte de ventas

Tabla 16 (continuación): Balance Scorecard - Servicios de integridad

Fuente: Elaboración propia

11. PLAN DE PERSONAS

El fortalecimiento de la marca BRASS, la obtención de un equipo de alto rendimiento y la generación de alta satisfacción en los clientes solo será posible a través de una cultura organizacional fuerte. Ésta permitirá que las personas se desarrollen logrando un alto grado de las competencias necesarias para el desempeño en cada uno de los cargos. La gestión adecuada de las personas mediante un alto compromiso con la empresa garantiza una adecuada relación con los clientes. Además, en un contexto organizacional, disponer de talento es diferenciarse de la competencia. El plan de personas contempla una descripción de los perfiles de las personas que trabajarán en la spin-off, como estarán organizadas y el desarrollo de las personas, a través de los planes de capacitaciones, carrera y retención de talento.

11.1 Descripción de Cargos y Organigrama

El equipo de integridad de tuberías de BRASS será el motor que hará funcionar la nueva unidad de negocios. Sin las personas adecuadas, ninguna oportunidad única podrá moverse del concepto a la realidad. De acuerdo con las proyecciones, la spin-off requerirá para su funcionamiento la contratación gradual de personas doblando la cantidad inicial de personas contratadas.

La figura 25 muestra el organigrama de la spin-off de integridad. La estructura de la organización será del tipo matriz, la cual es utilizada frecuentemente por empresas de servicios. Básicamente estará conformada por un Gerente del cual dependerán los equipos agrupados por servicios. Un ingeniero tipo A liderará cada servicio. Como apoyo al desarrollo de los servicios habrá un ingeniero de subcontratos encargado de adquirir todos los servicios e insumos para realizar los trabajos. También apoyará un ingeniero especializado en investigación y desarrollo que liderará los proyectos internos de desarrollo de *software*. Como punto de contacto inicial con los clientes, un ingeniero especializado en ventas será el responsable de iniciar las relaciones con los clientes.

La tabla 17 muestra el perfil de los trabajadores de los servicios de integridad. Para cada cargo se indican las funciones por las que cada persona será responsable, también se han establecido los conocimientos, habilidades y competencias asociados a cada cargo. Las categorías de ingeniero C y B son las que requieren menor experiencia, por lo que las competencias indicadas para estos cargos corresponden a las competencias cardinales o transversales, es decir, deberán encontrarse desarrolladas en un alto grado por todos los integrantes de la spin-off. En la etapa de reclutamiento, la comprobación y medición de las competencias se realizará durante el proceso de selección que estará a cargo del departamento de RRHH de BRASS. Luego, la medición de competencias será realizada en el proceso de evaluación anual que se aplicará a todos los colaboradores.

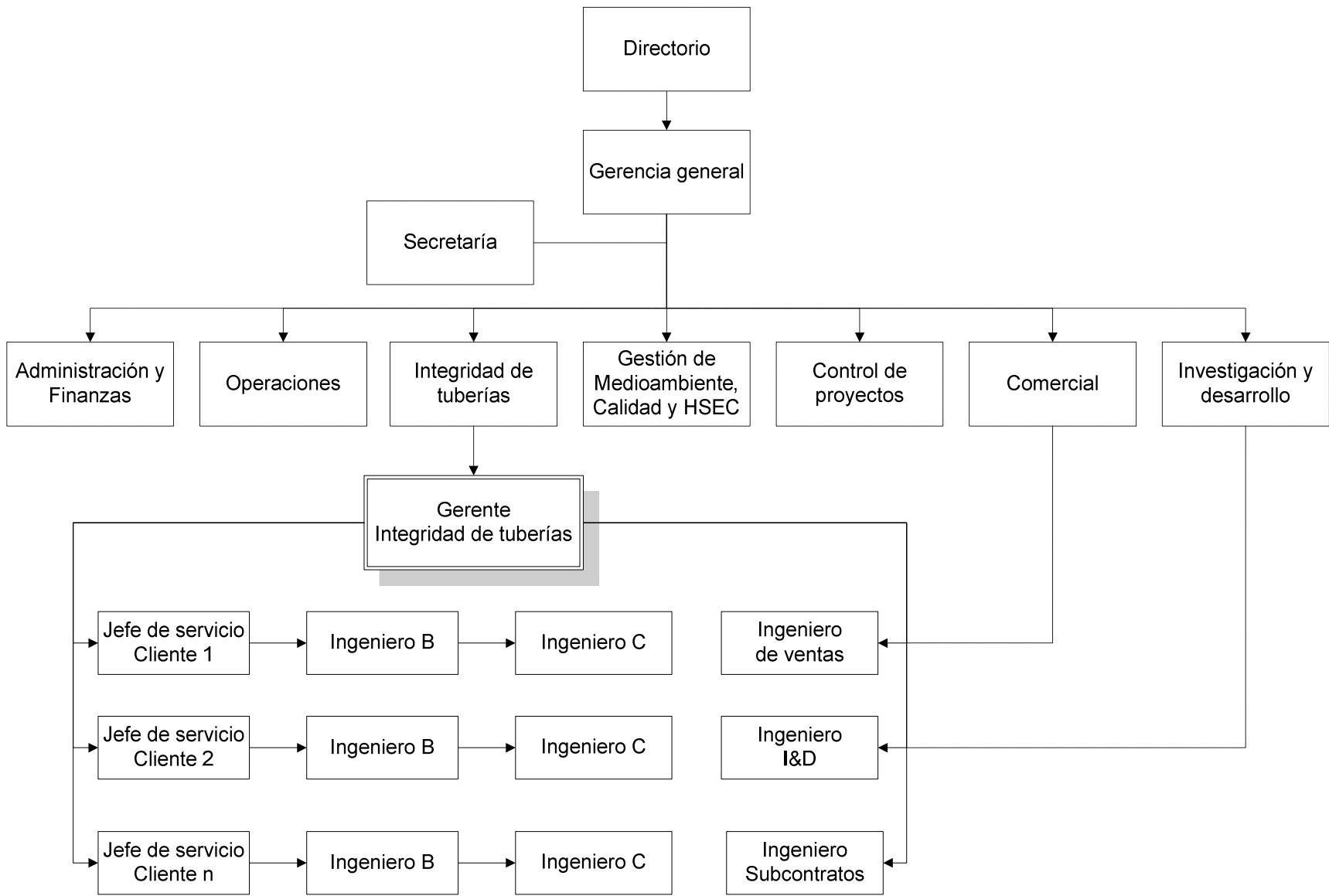


Figura 25: Organigrama BRASS – Integridad

Fuente: Elaboración propia

Descripción del cargo	Conocimientos y Habilidades	Competencias
<p><u>Gerente de Integridad de Tuberías</u> Realiza una constante búsqueda de nuevos trabajos, relaciones públicas y estudios de mercado; siendo responsable de que la spin-off de integridad de BRASS cumpla con el plan estratégico de la compañía.</p> <p><u>Funciones:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Negociar y cerrar con los clientes los contratos de nuevos servicios. • Asegurar y reportar a la gerencia general de BRASS el cumplimiento de los servicios en desarrollo (avance, gastos y personal asignado). • Asegurar que cada servicio esté adecuadamente financiado con los recursos apropiados. • Asegurar que el personal cuente con el equipamiento adecuado y <i>software</i> necesario. • Deberes administrativas como evaluación del personal, plan de capacitaciones, definición de metas, etcétera. 	<ul style="list-style-type: none"> • Ingeniero civil mecánico o de obras civiles. • 10 años de experiencia en diseño, operación y mantenimiento. • 10 años de experiencia de dirección de equipos. • Conocimiento de idiomas: inglés, oral y escrito en nivel avanzado. • Conocimiento de las normas y códigos relacionados con la integridad de tuberías como ASME, API y NACE. 	<ul style="list-style-type: none"> • Pensamiento estratégico. • Manejo de las relaciones del negocio: Involucrarse en el negocio de los clientes para ofrecer soluciones de largo plazo, crear y mantener una red de contactos. • <i>Empowerment</i>: Facultar a sus colaboradores como dueños de sus actividades, desarrollarlos para que en un mediano/largo plazo adquieran mayores responsabilidades. • Desarrollo de las personas: Esfuerzo constante por mejorar tanto la formación personal como la del equipo. • Conocimiento de la industria y del mercado: Capacidad para comprender las necesidades de los clientes sabiendo identificar oportunidades, fortalezas, amenazas, debilidades y prever tendencias. • Orientación al logro de objetivos: Fijar metas desafiantes sobre el estándar. • Habilidad analítica: Manejo de problemas estableciendo prioridad, criterio lógico y sentido común.
<p><u>Ingeniero A</u> Desempeñar el rol de jefe de servicio frente a clientes internos y externos.</p> <p><u>Funciones:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Asignar tareas de acuerdo a las capacidades del personal a cargo optimizando el desempeño • Planificar y controlar el personal y los recursos asignados por cada servicio. • Supervisar técnica y administrativamente las actividades realizadas en la oficina y terreno. • Asegurar el resultado económico óptimo de cada servicio de acuerdo a las expectativas del cliente • Garantizar el cumplimiento de las condiciones contractuales de cada proyecto. • Evaluar el personal a cargo. 	<ul style="list-style-type: none"> • Ingeniero civil mecánico u obras civiles. • 5 años de experiencia en dirección de equipos. • 8 años de experiencia en mediciones e integridad de tuberías. • Conocimientos de idiomas: inglés, oral y escrito en nivel intermedio. • Conocimiento de normas y códigos relacionados con la integridad de tuberías como ASME, API y NACE. 	<ul style="list-style-type: none"> • Dirección de equipos de trabajo: desarrollar, consolidar y conducir un equipo para que los miembros trabajen con autonomía y responsabilidad. • Liderazgo. • Orientación al cliente: Sensibilidad para obtener el máximo nivel de satisfacción. • Trabajos en Terreno: Ser proactivo para liderar trabajos en terreno, adaptándose positivamente a los diferentes entornos en los que le tocará moverse. • Capacidad de planificación y de organización: Definir claramente las metas y prioridades de la tarea/área/proyecto asignado para cumplir en tiempo y forma con lo establecido.

Tabla 17: Perfiles Puestos de trabajos

Fuente: Elaboración propia

Descripción del cargo	Conocimientos y Habilidades	Competencias
<p><u>Ingeniero de subcontratos</u> Procurar que trabajos con terceros, equipos e insumos requeridos en cada servicio, sean recibidos o ejecutados oportunamente y en conformidad con las especificaciones respectivas.</p> <p><u>Funciones:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Cotizar servicios e insumos. • Negociar el cierre de órdenes de compra. • Gestionar y controlar las órdenes de compra. • Interactuar con el equipo de integridad de tuberías para definir las especificaciones técnicas de las órdenes de compra. • Llevar registro de proveedores actualizado. 	<ul style="list-style-type: none"> • Ingeniero civil o ejecución. • 5 años de experiencia en contratación de servicios. • Conocimientos de estructura y manejo de negocios. • Conocimientos de idiomas: inglés, oral y escrito en nivel intermedio. 	<ul style="list-style-type: none"> • Orientación al cliente interno y externo: Escucha al cliente y genera soluciones que satisfacen sus necesidades. • Negociación: Identificar el contexto de la negociación y buscar un intercambio beneficiosos para ambas partes. • Construcción de relaciones de negocios: Ofrecer soluciones con perspectiva de largo plazo. • Manejo de relaciones de negocios. • Preocupación por el orden y la claridad. • Conocimiento de la industria y del mercado. • Modalidad de contacto: Comunicación efectiva; alienta a compartir información y a valorar la contribución de los demás.
<p><u>Ingeniero de ventas</u> Realizar un levantamiento continuo de las necesidades de los potenciales clientes, mostrando la imagen de la de los servicios de integridad.</p> <p><u>Funciones:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Escuchar y proponer alternativas de solución ante las necesidades de integridad de los potenciales clientes • Elaborar propuestas a clientes. • Realizar presentaciones de los servicios de integridad de la compañía. • Ejecutar las acciones de marketing de BRASS, generando conocimiento de marca y de las capacidades que ofrece la compañía. • Determinar y evaluar el nivel de satisfacción del cliente. 	<ul style="list-style-type: none"> • Título universitario de ingeniero comercial o carrera afín. • 5 años de experiencia en venta consultiva. • 5 años de experiencia en campañas de marketing y difusión. • Conocimientos de estructura y manejo de negocios. • Conocimientos de marketing, comunicaciones y tecnologías de la información. • Conocimientos de idiomas: inglés, oral y escrito en nivel intermedio. 	<ul style="list-style-type: none"> • Orientación al cliente interno y externo. • Negociación. • Construcción de relaciones de negocios. • Manejo de relaciones de negocios. • Preocupación por el orden y la claridad. • Conocimiento de la industria y del mercado. • Modalidad de contacto.

Tabla 17 (continuación): Perfiles Puestos de trabajos

Fuente: Elaboración propia

Descripción del cargo	Conocimientos y Habilidades	Competencias
<p><u>Ingeniero I&D</u> Desarrollar e implementar aplicaciones de <i>software</i> de integridad de integridad. Investigar y desarrollar innovación tecnológica de mediciones de integridad.</p> <p><u>Funciones:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Preparación de instrumentación para mediciones de integridad. • Desarrollo y mantenimiento del <i>software</i> propio de integridad. • Mantenimiento del <i>software</i> PI2Tdel cliente. • Investigación y desarrollo de integridad. 	<ul style="list-style-type: none"> • Ingeniero civil mecánico u obras civiles. • 4 años de experiencia en investigación y desarrollo. • Conocimientos avanzados en programación (C++, Delphi, .net y/o PHP). • Conocimientos en programación con lenguajes orientados a objetos, electrónica (nivel intermedio). • Dominio del idioma inglés, oral y escrito en nivel intermedio. 	<ul style="list-style-type: none"> • Pensamiento analítico • Pensamiento conceptual • Capacidad de planificación y de organización • Profundidad en el conocimiento de los productos • Innovación: Creación de conocimiento nuevo a través de la improvisación, experimentación, creatividad y contacto directo. • Comunicación para compartir conocimientos: Asegurar una comunicación clara dentro del grupo alentando a los miembros a compartir información valorando y fomentado el aporte de todos los colaboradores. • Trabajo en terreno
<p><u>Ingeniero B</u> Desarrollar bajo supervisión en terreno el levantamiento de información y desarrollar los estudios de integridad.</p> <p><u>Funciones:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Recopilar datos críticos. • Analizar hidráulicamente el sistema de impulsión. • Identificar las amenazas a la integridad del sistema. • Realizar benchmarking • Evaluar el sistema de impulsión incluyendo tanto las especificaciones de los equipos como las competencias y habilidades de los usuarios. • Mediciones en terreno. • Supervisar mediciones y actividades realizadas en terreno por terceros. • Emitir reportes de los trabajos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Ingeniero civil mecánico u obras civiles. • 4 años de experiencia en tuberías. 	<ul style="list-style-type: none"> • Alto rendimiento: Ir más allá de los resultados habituales y tener un genuino compromiso con la organización. • Inteligencia profesional: Desarrollada a partir del aporte de cada uno al sistema de gestión de conocimiento de BRASS. • Apoyo a los compañeros: A través de <i>feedback</i> informal. • Calidad en el trabajo: Orientado a obtener los máximos niveles de calidad. • Comunicación: Saber escuchar y transmitir efectivamente. Hacer preguntas y transmitir ideas de forma positiva. • Trabajo en terreno. • Innovación: Capacidad para modificar las cosas, partiendo de formas no pensadas con anterioridad. Implica idear soluciones nuevas ante problemas del propio puesto, la organización o los clientes.

Tabla 17 (continuación): Perfiles Puestos de trabajos

Fuente: Elaboración propia

Descripción del cargo	Conocimientos y Habilidades	Competencias
<p><u>Ingeniero C</u> Apoyo en la recopilación de datos y en la elaboración de análisis y documentos necesarios para las evaluaciones de integridad de los sistemas de impulsión. <u>Funciones:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Ejecutar cálculos y elaborar los reportes asegurando su calidad mediante el seguimiento de los procedimientos e instructivos de los servicios de integridad. • Apoyar los trabajos de terreno. • Actualizar los avances de los servicios en el <i>software</i> PI2T 	<ul style="list-style-type: none"> • Ingeniero civil mecánico u obras civiles. • Sin experiencia. 	<ul style="list-style-type: none"> • Pensamiento analítico: Capacidad de entender un problema desagregando sus partes. • Pensamiento conceptual: Comprender un problema uniendo sus partes. • Flexibilidad: Adaptarse a trabajar en distintas y variadas situaciones con personas o grupos diversos. • Responsabilidad: Poner el acento en la responsabilidad basada en objetivos acordados mutuamente. • Trabajo en Equipo: Participar activamente en la prosecución de una meta subordinando intereses personales a los objetivos del equipo • Tolerancia a la presión en el trabajo • Trabajo en terreno • Capacidad para aprender • Innovación.

Tabla 17 (continuación): Perfiles Puestos de trabajos

Fuente: Elaboración propia

11.2 Selección

Se tiene previsto cubrir los puestos de la spin-off de integridad mediante dos vías: 1) Con personas que provengan de la misma empresa; realizando el llamado a través de comunicaciones internas que llamen a los interesados a participar del proceso. 2) Los puestos de conocimientos más específicos (ingeniero A, ventas, subcontratos e I&D) está previsto cubrirlos con profesionales provenientes del mercado laboral, a través de agencias de reclutamiento y avisos publicitarios.

El proceso de selección contemplará la recopilación de antecedentes laborales para determinar las competencias duras como la preparación universitaria y los años de experiencia. Para determinar el nivel de conocimientos y destrezas, que en general son evaluables y requieren de tiempo para desarrollarse, se realizarán entrevistas y pruebas de trabajo. La determinación de las competencias, que hacen referencia a características de la personalidad o comportamientos, se medirán mediante pruebas psicológicas y entrevistas. Muchas veces éstas son las claves que marcan el éxito en un determinado puesto de trabajo.

Para la atracción de talentos, la confección de la propuesta de valor que se ofrecerá a los postulantes, mostrará en orden de importancia los siguientes atributos de la compañía:

- 1) Desarrollo profesional.
- 2) Empresa líder en el sector.
- 3) Empresa innovadora y con futuro.
- 4) Trabajo con metas.
- 5) Política de retribución.
- 6) Compartir misiones y valores.

11.3 Plan de Capacitaciones

Las capacitaciones corresponden al proceso de enseñanza que en el corto plazo permite a los colaboradores de la empresa alcanzar las aptitudes básicas para desempeñar un puesto de trabajo o función, así como el desarrollo de habilidades y competencias⁴¹. En el mediano y largo plazo, el plan permite desarrollar competencias que serán necesarias para que los colaboradores puedan adquirir mayores responsabilidades. Además se busca lograr un cambio de actitud que genere un clima motivador y satisfactorio.

La figura 26 muestra las principales etapas del plan de capacitaciones. El departamento de RRHH de BRASS será responsable de la ejecución, sin embargo, para la realización del diagnóstico de la situación y la definición del programa capacitaciones se deberá contar con la participación y aprobación del Gerente de Integridad.

⁴¹ Chiavenato - Administración de Recursos Humanos

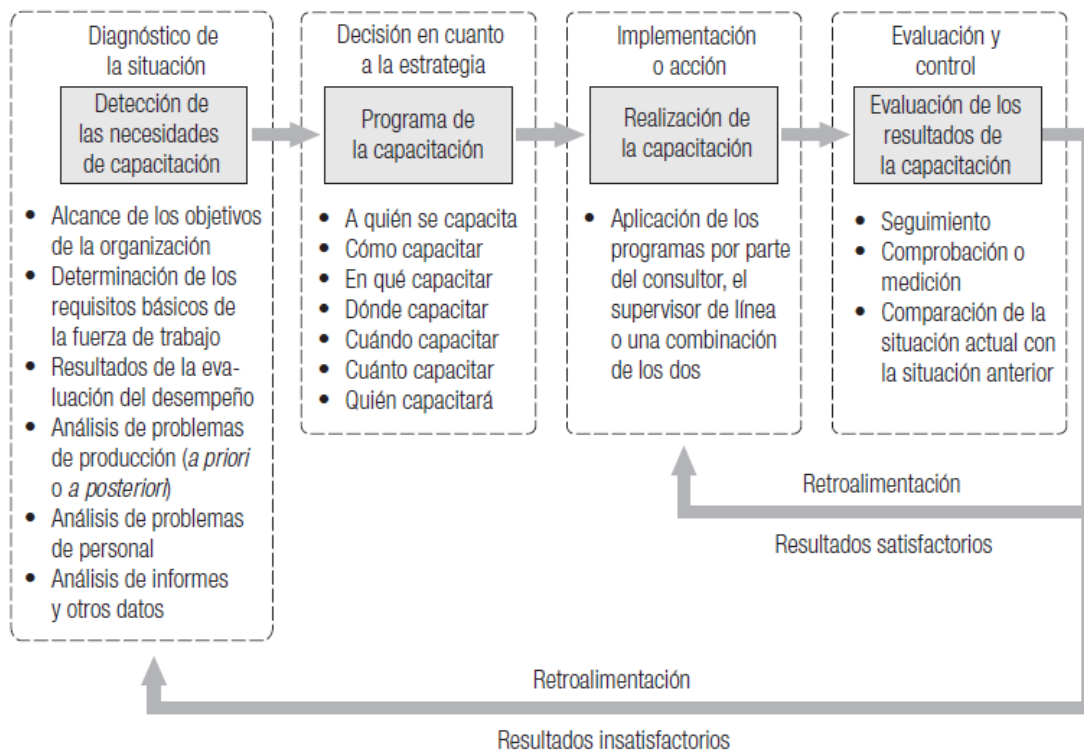


Figura 26: Proceso de la capacitación

Fuente: Fig.14.4 Administración de Recursos Humanos (8ª ed.), Idalberto Chiavenato

Un programa detallado de las capacitaciones dependerá del grupo de personas que finalmente se conforme; donde las prioridades del plan se fijarán dependiendo del gap que exista entre la competencias reales y las ideales para cada cargo. Los cursos se enfocarán en reforzar la comunicación efectiva y conocimientos teóricos en integridad de tuberías. La tabla 18 muestra un listado de capacitaciones tentativo; los nombres y temáticas de los cursos se han buscado dentro de los programas de postgrado y diplomados de la Universidad Católica y Universidad de Chile. En todo caso los cursos buscan desarrollar en los colaboradores, la capacidad de responder a las emociones y políticas de cada cliente. Dentro de las emociones que puede sentir un cliente durante la búsqueda y desarrollo de un servicio están: la inseguridad, amenaza, riesgo personal, impaciencia, inquietud, exposición, ignorancia, escepticismo, preocupación y sospecha⁴². Dentro de las habilidades intelectuales, sociales, interpersonales y sobre todo emocionales que le permitirán a un representante de BRASS sortear con éxito la interacción con los clientes están:

- Lograr entender sin esfuerzo al cliente.
- Ayudar a ver las cosas desde perspectivas nuevas.
- Pensar y separar la lógica de las emociones.
- Poder criticar y corregir de manera gentil.
- Mostrar pensamiento de largo plazo (la relación es más importante que el contrato actual).
- Dar razonamientos para ayudar a pensar, no sólo las conclusiones.
- Entregar opciones, entendimiento de esas opciones, y recomendación para elegir.

⁴² <http://davidmaister.com/wp-content/themes/davidmaister/pdf/ProfessionalismInConsulting.pdf>

Cargo	Capacitaciones
Ingeniero C	<ul style="list-style-type: none"> • Talleres internos sobre las siguientes competencias <ul style="list-style-type: none"> ○ Responsabilidad personal. ○ Innovación. ○ Trabajo en equipo. ○ Trabajos en terreno. • Taller experiencial de autoridad, liderazgo y colaboración. • Cursos sobre el contenido de normas y códigos relacionados con integridad de tuberías como ASME, API y NACE. • Cursos de inglés.
Ingeniero B	<ul style="list-style-type: none"> • Taller experiencial de autoridad, liderazgo y colaboración. • Curso de gestión de proyectos. • Curso de liderazgo, comunicación y desarrollo de personas. • Curso de equipos autónomos de resolución de problemas. • Cursos de inglés.
Ingeniero A	<ul style="list-style-type: none"> • Curso de coaching. • Curso de comunicación en vivo para el liderazgo. • Curso de resolución de problemas y toma de decisiones. • Taller de habilidades relacionales para una carrera ejecutiva. • Curso de persuasión y competencias personales. • Curso de dirección de empresas. • Curso de fundamentos de la gestión de servicios. • Cursos de inglés.
Ingenieros de Ventas y Subcontratos	<ul style="list-style-type: none"> • Negociación. • Marketing de servicios. • Estructura y Manejo de Negocios. • Cursos de inglés.
Ingeniero I&D	<ul style="list-style-type: none"> • Creatividad e Innovación en Organizaciones. • Propiedad Intelectual e industrial. • Planificación estratégica y decisiones. • Liderazgo y gestión del talento. • Gestión de la innovación. • Desarrollo Organizacional. • Comunicación corporativa.
Gerente de Integridad de Tuberías	<ul style="list-style-type: none"> • Creación y desarrollo de nuevos modelos de negocios • Estrategia para empresas de servicios • Fundamentos de la excelencia operacional y el lean.

Tabla 18: Cursos de capacitación

Fuente: Elaboración propia

11.4 Evaluación

El proceso de evaluación de los colaboradores se realizará anualmente de acuerdo a la práctica ya establecida en la empresa. La metodología y administración será realizada por el departamento de RRHH de BRASS, las mediciones serán hechas en conjunto con el gerente de la spin-off y colaboradores con cargo. La evaluación se aplicará al desempeño de los puestos de trabajo y se entenderá como un medio o herramienta para mejorar los resultados de los colaboradores de la organización. Se perseguirán dos objetivos: 1) Definir las necesidades del plan de capacitaciones. 2) Indicar si se cumple con las competencias para desempeñar nuevas funciones; haciendo recomendaciones al Gerente de los servicios de integridad de tuberías.

11.5 Plan de Incentivos

La spin-off contemplará un plan de incentivos para promover una mejora continua en el desempeño.

Los vendedores tendrán una remuneración que corresponderá a una combinación de salario y comisiones por ventas, 70% de salario base y 30% de incentivo. Esto minimizará el riesgo de disminuciones desde el punto de vista del vendedor, y también limitará el riesgo de que las recompensas sean demasiado grandes desde el punto de vista de la compañía⁴³.

Para el resto de los colaboradores se considerará un sistema de retribuciones intangibles y basadas en reconocimiento que considerará las siguientes acciones:

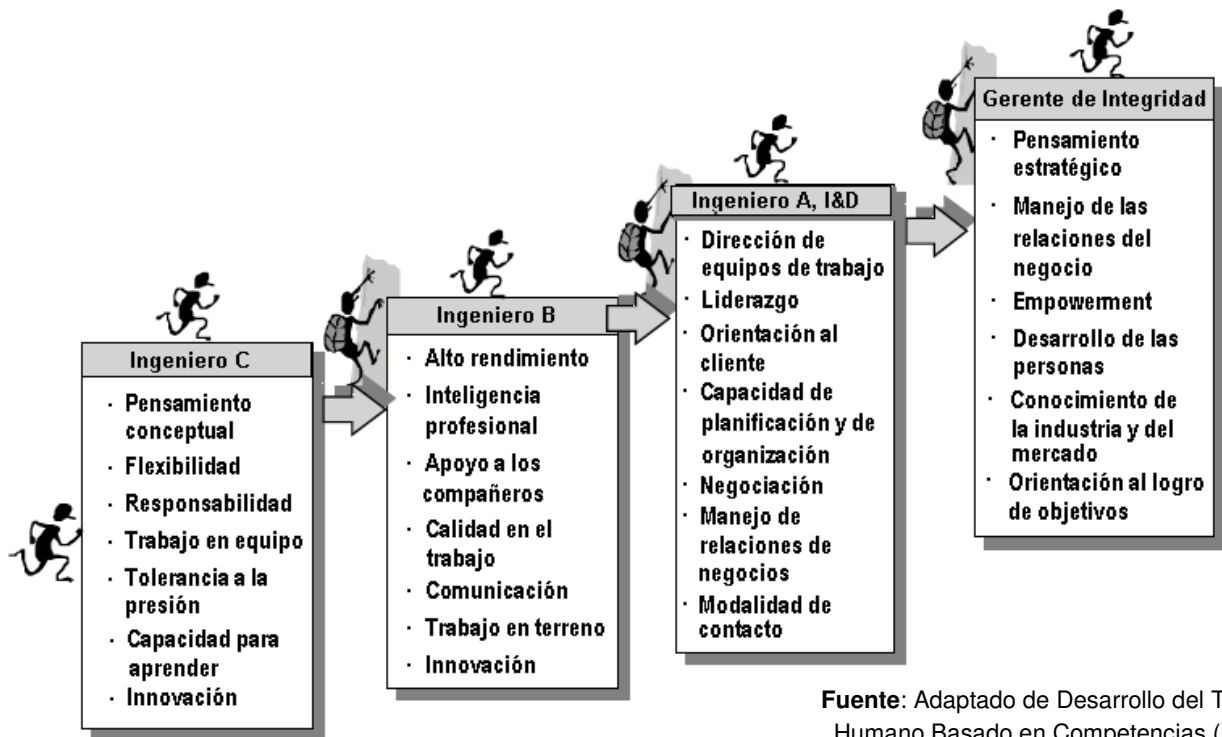
- Reconocimiento al trabajador: Una vez al año se premiarán los desempeños más connotados.
- Eventos especiales: Se realizarán almuerzos y cenas para reconocer el aporte y desempeño en el cierre de servicios.
- Comunicaciones por correo electrónico y WEB: Se contempla comunicación constante a través de correos electrónicos y publicaciones en la intranet de la empresa, ver punto 11.8 de este documento.
- Programas de capacitación: De acuerdo al punto 11.3 de este documento.

11.6 Plan de Carrera y Retención de Talento

La figura 27 muestra el plan de carrera para los colaboradores de los servicios de integridad de tuberías. El plan estará basado en el desarrollo de las competencias, las que idealmente deberán desarrollarse antes de ejercer el cargo. El desarrollo de las competencias se llevará a cabo mediante el plan de capacitaciones de la spin-off (ver el punto 11.3 de este documento). Con seguimiento y orientación los individuos podrán mejorar sus capacidades, tanto en conocimientos como en competencias, lo que les permitirá acceder a una nueva posición, siempre en función de los requisitos que ellas presenten.⁴⁴

⁴³ Dessler Varela "Administración de Recursos Humanos, 5ta Edición.

⁴⁴ Alles - Desarrollo Del Talento Humano Basado en Competencias



Fuente: Adaptado de Desarrollo del Talento Humano Basado en Competencias (1ª ed.), Martha Alles

Figura 27: Plan de carrera

En muchas ocasiones cuando un colaborador renuncia a la empresa, se le realiza una contraoferta que supera el salario y el nivel del puesto o responsabilidades. Esta “mala práctica empresarial” ocasiona muchos inconvenientes y problemas⁴⁵, por ejemplo:

- Desajustes en las compensaciones de la compañía.
- Promesas que luego no se pueden cumplir.
- Fracaso en la retención del empleado.
- Efecto “contagio”: los empleados pueden considerar oportuno presionar con una oferta laboral para mejorar sus condiciones de trabajo actuales.

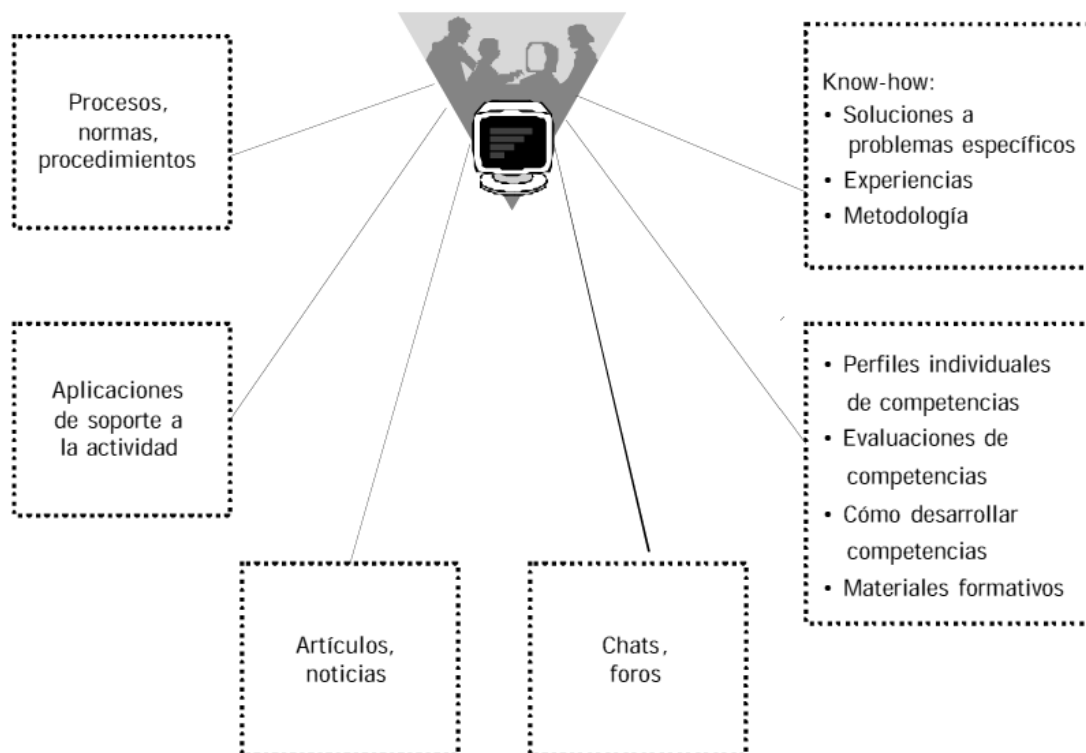
Para la retención del talento se contempla una revisión anual de los puestos de trabajo en cuanto a los años de desempeño del cargo actual y las competencias desarrolladas. Esta revisión será realizada por el departamento de RRHH de BRASS y el gerente de los servicios de integridad; permitiendo asignar a las personas a un nuevo puesto o cargo. En los casos de renuncia, solo se contemplará una contraoferta a un empleado que ha recibido una oferta laboral de otra organización, si ésta estaba prevista de algún modo en el plan de carrera, y si sólo significa adelantar en unos meses algo que ya se tenía en los planes. Sin embargo, cuando se materialice la renuncia, la primera opción será buscar el reemplazante dentro de la misma spin-off, estudiando adelantar la promoción a un nuevo cargo.

⁴⁵ Alles - Desarrollo Del Talento Humano Basado en Competencias 1Ed.pdf

11.7 Knowledge Management

El denominado *Knowledge Management* (KM) es una herramienta, usualmente una intranet, que permite a una organización compartir el conocimiento, generalmente a través de gigantescas bases de datos que lo contienen. El KM es frecuente en organizaciones donde el conocimiento se convierte en la llave del negocio; cómo es el caso de los servicios en integridad de tuberías. El propósito fundamental del KM: compartir experiencias positivas y negativas para ser utilizadas cuando sea necesario, así como generar una actualización continua de conocimientos relacionados con el negocio o la actividad principal de la organización⁴⁶.

La figura 28 muestra la integración de conocimientos que se realizará en la intranet de los servicios en integridad de tuberías. El departamento de RRHH será el responsable de diseñar prácticas y acciones orientadas a generar, entre los distintos integrantes de la organización, interés en el uso de la información allí contenida. Algunas acciones serán informar a todos los empleados sobre la existencia de novedades, indicando en qué sección de la intranet las podrán leer, y otras acciones similares. Se incluirá todo lo que deba saberse en materia de *know-how*, por ejemplo, soluciones a problemas específicos, experiencias, metodologías, etcétera. Este formato permitirá conexión vía internet permitiendo acceder desde distintos lugares. También estará todo lo que deba saberse en materia de recursos humanos: perfiles individuales de competencias, cómo desarrollar competencias y diferentes materiales formativos.



Fuente: *La sfida del capitale intellettuale*. Ob. cit.

Figura 28: Integración en un ambiente WEB

⁴⁶ Alles - Desarrollo Del Talento Humano Basado en Competencias

11.8 Costeo del Plan de Personas

La tabla 19 indica los rangos de sueldo bruto y líquido promedio para las diferentes categorías de la spin-off. Estos han sido estimados entre las expectativas de BRASS y los sueldos indicados en las referencias de la "Guía Salarial Robert Half"⁴⁷ y la empresa Conexión (Ingenieros)⁴⁸.

Descripción del cargo	N° de personas (estimado)	Sueldo bruto MM\$	Sueldo líquido MM\$
Gerente	1	3,5 -5	2,82-4
Ingeniero A	1-2	2,4 -3,5	1,87-2,82
Ingeniero B	1-3	1,6 -2,8	1,19-2,22
Ingeniero C	1-3	1,2 -1,7	0,9-1,26
Ingeniero de subcontratos	1	2,2 -3,5	1,69-2,82
Ingeniero de ventas	1	1,5 -3,5	1,12-2,82
Ingeniero I&D	1	1,7 -3	1,26-2,4

Tabla 19: Escala de sueldos bruto

Fuente: Elaboración propia

Los procesos de selección, contratación, capacitación, evaluaciones y demás funciones administrativas serán realizados por el departamento de RRHH de BRASS, haciendo un símil con los gastos actuales de la empresa, se estima que tendrá un costo anual aproximado de 200 UF por persona de la spin-off. Adicionalmente para el control de avance de los servicios se ha estimado un costo anual de 100 UF por persona de la spin-off.

En cuanto al desarrollo de las capacitaciones, se considera que cada colaborador distribuirá las 45 horas de trabajo de la siguiente manera:

- 40 horas de trabajo productivo
- 1 hora para actividades administrativas como carguío de horas, solicitudes, etcétera.
- 2 horas para la realización de capacitaciones (las que podrán ser realizadas interna ó externamente). El costo de cursos hechos por universidades fluctúa entre \$7.000 y \$10.000 por hora.
- 2 horas de participación en las actividades para mantener el *Knowledge-Management*.

Tanto la programación de las capacitaciones como el desarrollo de las actividades en la intranet serán planificadas por personal a cargo.

⁴⁷ De Guía Salarial Robert Half 2015.

⁴⁸ De Estudio de Sueldos de Ingenieros 2014 Conexión.

12. ANÁLISIS FINANCIERO

12.1 Proyección de ventas

12.1.1 Ciclo de ventas

Los operadores de *pipeline* de las compañías mineras elaboran presupuestos anuales donde la definición de las actividades y su costo, generalmente, se acuerda a mitad de año. La figura 29 muestra las actividades de un ciclo de venta consultiva típico aplicable a los servicios de integridad. La aceptación por parte del cliente se realiza por medio de un proceso o evaluación y puede considerarse un lapso de tiempo considerable. Una vez asignado un servicio este podrá realizarse inmediatamente o dentro del año hábil en curso. La fuerza de ventas estará conformada por un ingeniero dedicado a la elaboración de propuestas y contacto con los clientes, más el apoyo del gerente de la spin-off y consultores para realizar aclaraciones técnicas y organizativas. Los pagos generados por los servicios generalmente se reciben a partir de tercer mes después de iniciadas las actividades y son por avance.



Figura 29: Ciclo de Ventas

Fuente: IN7P4.01 Gestión de Ventas Consultivas; Claudio Mujica

Además debe considerarse que el conjunto de servicios de integridad que permiten un aumento en la vida útil del *pipeline* pueden desarrollarse por tres años o más. Todo dependerá de las planificaciones y presupuestos de cada cliente. Idealmente los servicios podrían ser contratados de la siguiente manera:

1. Primer año: Auditoría o diagnóstico del sistema de *pipeline*.
2. Segundo año: Medición y evaluación del daño presente en el *pipeline*.
3. Tercer año: Rehabilitación, reemplazo y/o reparaciones en el *pipeline*.
4. En cualquier año: Actividades de mantenimiento y mejora de los sistemas como limpiezas, inspección por sonda *vogager*, cursos de entrenamiento, etcétera.

12.1.2 Estimación de ingresos

La tabla 20 muestra el pronóstico de ventas para un periodo de cinco años; este se elaboró sobre la precepción de los ingenieros de BRASS que realizan actividades de soporte al mantenimiento en empresas mineras. En el primer año las principales actividades corresponden a apoyo al mantenimiento, mientras que en los cuatro restantes se asignan auditorías, evaluaciones y rehabilitaciones. Se ha supuesto que la entrega de servicios se realizará a cinco clientes de la minería de cobre (CO1 al CO5), dos a la minería de hierro (HE1 y HE2) y dos compañías que impulsan agua (WA1 y WA2). Los ingresos proyectados incluyen servicios subcontratados y/o compra de insumos, tales como, mediciones de espesor de tuberías, construcción de *pipeline*, *pigs* de limpieza, químicos, etcétera. Para visualizar las ventas netas, la línea indicada como - Ingresos* - descuenta el valor de dichos subcontratos. En los dos últimos años los subcontratos tienen mayor peso puesto que incorporan la construcción de *pipeline*, que es de alto costo.

Tiempo / Servicio UF	Y1	Y2	Y3	Y4	Y5
Auditoría	0	CO2×5.642	CO3×6.638	CO1/WA1 ×5.708	HE2/WA2 ×5.775
Voyager	CO1×2.712	CO1/CO5 ×5.424	0	CO3/CO4 ×6.102	CO3×4.520
Pig limpieza	CO1×1.021	HE1×649	HE1×433	HE2×649	0
Limpieza química	CO1×2.595	CO1/HE1 ×4.930	CO1/CO4/HE1 ×5.666	CO1/ HE1 ×4.930	CO1/HE1 ×4.152
Medición con pig inteligente	0	0	0	0	CO4 ×9.424
Medición con ultrasonido	0	WA1×1.375	0	WA1×1.375	CO1/CO4 ×18.266
Medición ondas guiadas / MMM	0	0	0	CO3×8.091	0
Medición CIP AC/DCVG	0	0	CO2×14.070	CO3 ×24.995	CO3/CO4 ×22.345
Evaluación de integridad	0	0	CO2×6.641	CO3×7.813	CO3/CO4 ×10.548
Entrenamiento de operadores	0	CO3×857	CO4×857	WA1×857	CO2×857
Rehabilitación de <i>pipeline</i>	0	0	0	CO2×71.333	CO3×71.333
Ingresos UF	6.328	18.878	34.304	131.854	147.220
<i>Ingresos MM\$</i>	156	465	845	3.247	3.625
<i>Ingresos USD</i>	249.550	744.434	1.352.698	5.199.406	5.805.332
<i>Ingresos* UF</i>	3.455	12.521	18.791	41.911	45.049
Ingesos* / Ingresos	55%	66%	55%	32%	31%

Tabla 20: Proyección de ventas

Fuente: Elaboración propia

12.2 Inversiones en desarrollo

La tabla 21 muestra los gastos necesarios para materializar la inversión del año cero del proyecto. Se han considerado los sueldos de los ingenieros para desarrollo en software y los planes iniciales de integridad como también sus gastos administrativos. También se ha considerado como parte de la inversión los gastos de promoción de marketing del primer año.

Inversión en desarrollo (UF)	Q1	Q2	Q3	Q4	Y1
Sueldos	-1.022	-1.381	-1.381	-646	-4.430
<i>Consultores</i>	-133	-206	-206	0	-544
<i>Ing.I&D</i>	-286	-286	-286	-286	-1.145
<i>Ing.A</i>	-359	-359	-359	-359	-1.438
<i>Ing.B</i>	0	-286	-286	0	-573
<i>Ing.C</i>	-244	-244	-244	0	-731
Gastos Administrativos	-2.411	-308	-308	-154	-3.187
<i>Certificación</i>	-150	0	0	0	-150
<i>Equipos y licencias</i>	-2.031	0	0	0	-2.031
<i>RRHH & Control</i>	-150	-200	-200	-100	-650
<i>Plan de capacitaciones</i>	-25	-33	-33	-17	-108
<i>Arriendo</i>	-42	-57	-57	-28	-184
<i>Servicios</i>	-14	-18	-18	-9	-64
Gastos de Marketing	-106	-597	-217	-522	-1.442
<i>Promoción HH</i>	0	-53	-27	-27	-106
<i>Promoción Pasajes</i>	0	-30	-30	-30	-91
<i>Promoción Charlas técnicas</i>	0	-305	0	-305	-609
<i>Promoción Revistas</i>	0	-104	-104	-104	-311
<i>Promoción WEB</i>	-106	-106	-57	-57	-325
Total	-3.539	-2.286	-1.906	-1.322	-9.059

Tabla 21: Gastos de la inversión

Fuente: Elaboración propia

12.3 Financiamiento

Como financiamiento se ha considerado que BRASS aportará mediante capital propio el costo de la inversión inicial de 9.059 UF. El capital de trabajo se considera financiado mediante préstamo bancario a corto plazo, el cual será pagado íntegramente cada tres meses. La tabla 22 muestra el cálculo del capital de trabajo durante los primeros cinco años de la spin-off. El préstamo será adquirido a una tasa de interés anual creciente, de 9% para el primer año y 14% para el quinto año. El fondo de maniobra solo se logra en la mitad del cuarto año.

Capital Trabajo UF	- 1.226	- 2.773	- 3.475	- 4.273	- 6.210	- 6.217	- 6.224	- 6.231	- 6.915	- 6.043
Trimestre	Y1-Q1	Y1-Q2	Y1-Q3	Y1-Q4	Y2-Q1	Y2-Q2	Y2-Q3	Y2-Q4	Y3-Q1	Y3-Q2
Tasa interés anual	9,0%	9,0%	9,0%	9,0%	10,0%	10,0%	10,0%	10,0%	11,0%	11,0%
Ingresos*	0	0	1.140	1.140	1.140	3.130	3.130	3.130	3.130	4.698
Capital acumulado	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Gastos Adm.	-333	-435	-435	-741	-748	-748	-748	-748	-962	-962
Gastos Marketing	-236	-236	-236	-236	-401	-401	-401	-401	-325	-325
Gastos Ventas	-499	-499	-499	-499	-499	-499	-499	-499	-499	-499
Gastos Operación (sueldos)	-129	-287	-530	-288	-1.177	-1.177	-1.177	-1.177	-1.683	-1.683
Amortizaciones	0	-1.226	-2.773	-3.475	-4.273	-6.210	-6.217	-6.224	-6.231	-6.915
Intereses	-28	-90	-141	-174	-251	-311	-311	-311	-346	-356
Crédito	1.226	2.773	3.475	4.273	6.210	6.217	6.224	6.231	6.915	6.043
Capital Trabajo UF	- 5.120	- 4.146	- 4.667	0	0	0	0	0	0	0
Trimestre	Y3-Q3	Y3-Q4	Y4-Q1	Y4-Q2	Y4-Q3	Y4-Q4	Y5-Q1	Y5-Q2	Y5-Q3	Y5-Q4
Tasa interés anual	11,0%	11,0%	12,0%	12,0%	12,0%	12,0%	13,0%	13,0%	13,0%	13,0%
Ingresos*	4.698	4.698	4.698	10.478	10.478	10.478	10.478	11.262	11.262	11.262
Capital acumulado	0	0	0	0	706	6.208	11.709	16.501	22.077	27.654
Gastos Adm.	-962	-962	-1.388	-1.388	-1.388	-1.388	-1.571	-1.571	-1.571	-1.571
Gastos Marketing	-325	-325	-401	-401	-401	-401	-325	-325	-325	-325
Gastos Ventas	-499	-499	-499	-499	-499	-499	-499	-499	-499	-499
Gastos Operación (sueldos)	-1.683	-1.683	-2.688	-2.688	-2.688	-2.688	-3.291	-3.291	-3.291	-3.291
Amortizaciones	-6.043	-5.120	-4.146	-4.667	0	0	0	0	0	0
Intereses	-307	-255	-242	-128	0	0	0	0	0	0
Crédito	-141	-114	-128	0	0	0	0	0	0	0

Tabla 22: Capital del trabajo

Fuente: Elaboración propia

12.4 Flujos de Caja

La tabla 23 muestra el cálculo del EBITDA, EBIT y las utilidades estimadas para la spin-off de integridad. Sólo el primer año presenta valores negativos producto de las menores ventas pronosticadas para el periodo inicial. Al comparar costos fijos versus ingresos menos costos variables, el punto de equilibrio resultante se produce cuando se alcanzan aproximadamente las 9.550 UF en ingresos netos vendidos (ver detalle en el anexo C de este documento). Esto tiene un equivalente a la realización de 5.000 HH de ingeniería. De acuerdo a las proyecciones el punto de equilibrio se alcanzaría a partir del séptimo trimestre, antes de cumplir dos años de operaciones.

ÍTEM	Y1	Y2	Y3	Y4	Y5
Ingresos (UF)	6.328	18.878	34.304	131.854	147.220
Ingresos (USD)	249.550	744.434	1.352.698	5.199.406	5.805.332
Costos Variables UF	- 3.003	- 7.205	- 17.110	- 92.392	- 104.938
Subcontratos	2.873	6.357	15.513	89.943	102.171
Comisiones ventas 1%	35	125	188	419	450
Consultores nacionales	95	723	1.409	2.030	2.316
Margen bruto (UF)	3.325	11.673	17.193	39.462	42.282
Costos Fijos (UF)	- 6.121	- 11.304	- 13.875	- 19.905	- 22.743
Operaciones (Sueldos)	-2.788	-6.262	-8.285	-12.306	-14.718
<i>Gerente</i>	-2.071	-2.071	-2.071	-2.071	-2.071
<i>Ing.A</i>	-108	-1.438	-1.438	-2.875	-4.313
<i>Ing.B</i>	-292	-975	-975	-2.924	-3.899
<i>Ing.C</i>	-317	-634	-1.267	-1.901	-1.901
<i>Ing. Subcontratos</i>	0	0	-1.389	-1.389	-1.389
<i>Ing.I&D</i>	0	-1.145	-1.145	-1.145	-1.145
Gastos de Ventas (UF)	-1.479	-1.479	-1.479	-1.479	-1.479
<i>Ing. Ventas</i>	-426	-426	-426	-426	-426
<i>Pasajes&hoteles</i>	-1.053	-1.053	-1.053	-1.053	-1.053
Gastos de Marketing (UF)	-426	-1.087	-782	-1.087	-782
<i>Ing. Ventas</i>	-426	-426	-426	-426	-426
<i>Promoción HH</i>	0	-27	-27	-27	-27
<i>Promoción Pasajes</i>	0	-30	-30	-30	-30
<i>Promoción Charlas técnicas</i>	0	-305	0	-305	0
<i>Promoción Revistas</i>	0	-104	-104	-104	-104
<i>Promoción WEB</i>	0	-195	-195	-195	-195
Gastos de Administración (UF)	-1.427	-2.476	-3.329	-5.034	-5.764
<i>Control de Precesos</i>	-350	-600	-800	-1.200	-1.400
<i>Equipos y licencias</i>	0	-41	-81	-162	-81
<i>RRHH</i>	-700	-1.200	-1.600	-2.400	-2.800
<i>Arriendo</i>	-198	-337	-449	-674	-786
<i>Servicios</i>	-63	-108	-144	-216	-252
<i>Plan de capacitaciones</i>	-116	-191	-254	-381	-445
EBITDA (UF)	- 2.796	369	3.319	19.557	19.539
Depreciación de activos	-677	-690	-717	-95	-108
Intereses	-432	-1.184	-1.264	-371	0
EBIT (UF)	- 3.905	- 1.506	1.337	19.092	19.430
Pérdidas acumuladas	-3.905	-5.411	-4.074	0	0
Impuesto primera categoría	0	0	0	-4.055	-5.246
Utilidades/Pérdidas (UF)	- 3.905	- 1.506	1.337	15.037	14.184

Tabla 23: EBITDA, EBIT y Utilidades

Fuente: Elaboración propia

12.5 Indicadores

La tabla 24 muestra la estimación del “valor actualizado neto” (VAN), “tasa interna de retorno” (TIR) y el “periodo de recuperación de la inversión” (*Payback*), los que son calculados con una tasa de descuento de 20% anual, la cual corresponde al costo de capital normalmente utilizado en la evaluación de proyectos por BRASS. Las estimaciones muestran que para los flujos después de impuestos hay un VAN positivo de 366 UF, una TIR levemente superior a la tasa de descuento y que la recuperación de la inversión se produce al finalizar el quinto año de operaciones.

Ítem	VAN	TIR	<i>Payback</i>	Y0	Y1	Y2	Y3	Y4	Y5
Factor de descuento (Tasa de descuento = 20%)	-	-	-	1,00	0,83	0,69	0,58	0,48	0,40
Flujo de caja libre (EBITDA descontado)	8.071	37,0%	3,98 años	-9.059	-2.330	256	1.921	9.432	7.852
Antes de impuestos (EBIT descontado)	4.430	28,9%	4,43 años	-9.059	-3.254	-1.046	774	9.207	7.809
Después impuestos (Utilidades descontadas)	366	20,8%	4,94 años	-9.059	-3.254	-1.046	774	7.252	5.700

Tabla 24: Cálculo del VAN, TIR y Payback

Fuente: Elaboración propia

12.6 Análisis de Sensibilidad

Para la simulación de Montecarlo se consideraron las siguientes variables:

- Cantidad de servicios contratados por año por cada cliente de la cartera.
- Precio de venta de los servicios.
- Sueldo bruto de los especialistas.
- Tasa de interés para préstamo bancario.

Los rangos de cada variable y la metodología para asignar las ventas se encuentra indicada en el Anexo F de este documento. No se ha considerado como variable los servicios subcontratados porque generalmente corresponden a gastos reembolsables.

La tabla 25 muestra el resultado de la simulación de Montecarlo la cual consideró 5.000 iteraciones. Asumiendo una distribución normal, la probabilidad de tener un VAN positivo después de impuestos es de 74%. La inversión esperada para desarrollo y promoción es de 8.755 UF, considerando una distribución normal, hay un 95% de probabilidades de que ésta fluctúe entre 7.735 y 9.776 UF.

Se observa que los casos con VAN negativo se explican básicamente por tener sueldos en la parte superior del rango (+90%) y bajas ventas. En la tabla 26 se muestran los factores de riesgo que pueden afectar los resultados del negocio, también se indican medidas de mitigación.

	VAN UF (Flujo de caja libre)	VAN UF (Antes de impuestos)	VAN UF (Después impuestos)
Valor esperado (\bar{x})	11.233	9.181	4.533
Mediana	10.655	8.722	4.171
Desv. Estándar (σ)	9.025	9.253	7.058
Probabilidad VAN > 0	89%	83%	74%
Máximo	45.975	44.216	31.122
Mínimo	-14.743	-23.724	-23.724
# VAN positivos	4.485	4.213	3.637
Med.TIR (VAN positivo)	57%	49%	36%

Tabla 25: Resultado modelación de Montecarlo Fuente: Elaboración propia

Factor de Riesgo	Descripción	Mitigaciones
Bajos ingresos	Ingreso menor al pronosticado Para que el VAN sea positivo Ingreso esperado p/año: 45.000 UF Ingreso neto esperado p/año: 18.300 UF Para no tener pérdidas: Ingreso mínimo p/año: 9.550 UF	<ul style="list-style-type: none"> • Ajustar el tamaño de la spin-off a las ventas efectivas. • Experiencia muy valiosa para futuro relanzamiento: Vender un servicio de auditoría, uno de medición y evaluación y uno de rehabilitación de <i>pipeline</i>. • Compatibilizar desarrollo de <i>software</i> de integridad con el área de proyectos de ingeniería de BRASS. • Ofrecer un premio al gerente de la spin-off por los buenos resultados de la gestión al tercer y quinto año.
Alta tasa de interés en préstamo de corto plazo	Interés para capital de trabajo superior al supuesto 10% (año1),... 15% (año 5)	<ul style="list-style-type: none"> • Crear un fondo para capital de trabajo estimado de 7.000 UF.
Bajos precios de venta de la HH de ingeniería	Precio promedio menor a 80 USD	<ul style="list-style-type: none"> • Revisión de las contrataciones de acuerdo a sueldos de mercado. • Controlar las HH asignadas para cada actividad .
Altos costos por servicios proveedores	Precios superiores a los establecidos en el costeo de los servicios	<ul style="list-style-type: none"> • Registro de proveedores. • Investigación y desarrollo en medición de espesores. • Adquisición de equipos de medición.
Alta demanda	Alto interés de la compañías mineras por contratar los servicios	<ul style="list-style-type: none"> • Asignar ingenieros de ventas adicionales. • Realizar amplio proceso de selección.

Tabla 26: Plan de riesgos

Fuente: Elaboración propia

13. CONCLUSIONES

Se recomienda a BRASS implementar la spin-off de servicios de integridad. La razón más importante es la oportunidad de negocio única que permite crear valor en la industria minera. Los clientes reciben certeza y confiabilidad de las capacidades del sistema de transporte por *pipeline*, mejoras en la eficiencia y eficacia de las operaciones, y economía de activos en el largo plazo mediante el aplazamiento de reemplazos de tubería. El análisis financiero muestra que hay rentabilidad en un plazo de cinco años y un aumento importante en el ingreso anual de la compañía, el que puede variar entre los 0,5 y 4 MM de USD. La base para este emprendimiento es el *know-how* en transporte de concentrados y agua que tiene la empresa. Se obtiene diversificación de los negocios puesto que se intensifican servicios a las operaciones de *pipeline*, disminuyendo el peso de los proyectos de ingeniería. Además, el desarrollo de este negocio permitirá avanzar en la consolidación del sistema de servicios de BRASS, donde se entregan soluciones integrales que potencian los rendimientos de cada cliente, buscando en el largo plazo, transformarse en el canal exclusivo para resolver los problemas de integridad de los ductos mineros.

La implementación de la spin-off y su crecimiento sostenido dependerán de los siguientes factores de éxito: 1) Entendimiento de las necesidades de cada Cliente; 2) Promoción y plan de marketing para lograr un relacionamiento eficaz con los clientes; 3) Proceso de venta que permita alcanzar los niveles que aseguren rentabilidad, donde será clave la determinación del precio de cada servicio; 4) *Know-how*, donde los profesionales de mayor experiencia de BRASS orientarán la planificación y el análisis de resultados de los servicios de integridad; 5) Plan de personas orientado a la selección de las personas idóneas y al desarrollo de éstas, lo cual será esencial para producir un ambiente motivador, de alto compromiso y que garantice una relación fructífera con los clientes 6) Elección adecuada de los proveedores, donde será clave la requisición de los servicios subcontratados.

Respecto a desarrollos futuros para la parte operativa, está la constante evaluación de la internalización de las mediciones de integridad y la construcción de pipeline. En el anexo G de este documento se muestran dos casos interesantes recopilados durante el estudio de antecedentes: En el primero se muestra la medición de los espesores de una tubería de acero revestida con mortero cemento mediante la pasada de un *pig MFL (Magnetic Flux Leakage)*. En el segundo caso se muestra a una empresa que ofrece mediciones con *pig* de ultrasonido en tuberías de HDPE. Ambos casos pueden ser adaptados en actividades de investigación y desarrollo para la determinación de espesores en concentraductos, los que generalmente están revestidos interiormente con HDPE.

14. BIBLIOGRAFÍA

- Alles Martha. Desarrollo del Talento Humano Basado en Competencias (1ra edición). 2005. Ediciones Granica S.A. ISBN 950-641-123-9.
- Alles Martha. Diccionario de Comportamientos, Gestión por competencias(1ra edición). 2004. Ediciones Granica S.A. ISBN 950-641-433-5.
- Braga Iván. Curso de Dirección de Operaciones. 2014. MBA - Universidad de Chile.
- Chase Richard, Aquilano Nicholas and Jacobs F. Robert. Administración de Operaciones - Producción y Cadena de Suministros (12ma edición). 2009. McGraw-Hill Educación ISBN: 978-970-10-7027-7.
- Chiavenato Idalberto. Administración de Recursos Humanos (8va edición). 2007. McGraw-Hill Interamericana ISBN 970-10-6104-7.
- Dessler Gary y Varela Ricardo. Administración de Recursos Humanos (5ta Edición). 2011. Pearson. ISBN: 978-607-32-0249-7.
- Fine, Vardan, Pethick and El-Hout; "Rapid-Response Capability in Value-Chain Design". 2002. Massachusetts Institute of Technology.
- García Garrido, Santiago. La Contratación del Mantenimiento Industrial. 2010. Ediciones Díaz de Santos.
- Hax Arnoldo. El Modelo Delta, Reinventando la Estrategia de tu Negocio. 2013. Ediciones Universidad Diego Portales.
- Hitt Michael, Ireland Duane & Hoskisson Robert; Administración Estratégica, Competitividad y Globalización (7ma edición). 2008. Cengage Learning Editores. ISBN-10: 607-481-342-6.
- Kraljic ; "Purchasing must become Supply management". 1983. Harvard Business Review No. 83509.
- Kotler & Armstrong. Fundamentos de Marketing, Octava edición.
- Maister, David. Managing the professional Service Firm. 1993.
- Mujica, Claudio. Curso de Gestión de Ventas Consultivas. 2014. MBA - Universidad de Chile.
- Osterwalder, Alexander y Pigneur, Yves. Generación de Modelos de Negocios. 2011. Editorial de Centro Libros PAPF, S.L.U.
- Porter, Michael. Las cinco fuerzas competitivas que le dan a la estrategia. 2007 Harvard Business Review.
- Porter, Michael ¿Qué es la estrategia? 1997. Harvard Business Review.
- Supply-Chain Council (SCC). SCOR Model, "Supply-chain operations reference-model". <https://supply-chain.org/>.

Anexo A: Entrevistas en profundidad

Iván Roa, Jefe de operaciones de SONACOL

¿Cuál es el nivel de automatización de los sistemas de control de los oleoductos de SONACOL. Hay sala de control de mando a distancia?

El bombeo está completamente automatizado, operado de forma remota de una sala de control.

¿Cuándo y cómo se fijan las metas de cumplimiento de producción? ¿Hay una estrategia de la compañía para el transporte en el largo plazo?

SONACOL no hace gestión para realizar el transporte, sino que está fijado por los clientes. El crecimiento de la capacidad de transporte se realiza en conjunto con la capacidad de almacenamiento en origen y destino de los clientes. El año 2008 hubo un peak en la demanda de diesel absolutamente increíble debido a la ausencia de gas argentino. La mayor cantidad de transporte se realiza por el oleoducto Concón-Maipú que es una tubería de 16" que se construyó en año 1998, el cual fue proyectado con una vida útil de 24-30 años, dependiendo de la tasa de corrosión que se presente.

¿Hay certeza sobre la capacidad de las instalaciones? ¿Necesidad de estudios?

Hay capacidad para bombear por 26 años más, la capacidad fue determinada de acuerdo a una estimación de la demanda. Hay certeza con la capacidad, lo que no está claro es cuando se requiera esa mayor capacidad.

No hay grandes proyectos de desarrollo salvo la segunda línea que va al aeropuerto, sin embargo, la tasa de demanda muy alta que se estaba presentando en el aeropuerto este año se frenó. El proyecto para el aeropuerto va a estar operativo en dos años más.

¿Has tenido situaciones de emergencia como roturas, detenciones por falla de los sistemas, dificultades con la puesta en marcha?

Una rotura cada 20 años, el último fue el año 2000. Se hizo un foro por un problema de corrosión en un sitio industrial sin instalaciones, lo que generó un revuelo tremendo. Debido a que los ductos cruzan áreas agrícolas, industriales o están cerca de poblaciones, una fuga generaría hoy día un escándalo tremendo. Incluso un derrame de agua hoy es complicado.

Los estándares de construcción y de integridad son bastante altos.

Tenemos un buen sistema de detección de fugas, hay dos tipos: un por balance másico y estadístico con sensibilidad del orden del 1%. Para el gas licuado estamos instalando un sistema que funciona por la detección de ondas en reversa de presión.

¿Existe un nivel de preparación adecuado para enfrentar situaciones de emergencia?

Hay protocolos y procedimiento de emergencia sobre qué hacer en la operación y en terreno. Las reparaciones son realizadas por terceros.

¿Hay un plan de integridad o prácticas de mantenimiento?

El plan de integridad es bastante intensivo, consiste en caminatas, vuelo, inspección interna, de revestimiento, protección catódica. Hay pruebas de hermeticidad que se realizan cuando hay una alarma en el sistema de detección de fugas, se tiene que detener el transporte, el que se presuriza para detectar la ubicación de las fugas, es una acción poco frecuente, no corresponden a las pruebas hidráulicas.

El decreto 160 te obliga a pasar el pig o conejo cada 5 años. Las empresas que realizan las mediciones son Rosen, anteriormente PII era la empresa líder, la compró G&E y se transformó en un desastre, retraso en los informes, el lugar lo tomó Rosen que venía muy detrás. Hay otras empresas como TD Williamson, Tuboscope, Betco.

El informe de la inspección por *pig* está en un plazo de 6 a 8 meses, pero a los dos meses hay un reporte previo con un resultado preliminar, donde se indican los defectos principales y se realiza una revisión para calibrar la inspección. Después del informe hay un análisis posterior que recomienda las reparaciones que hay que realizar. Las reparaciones son parches o soldaduras, un reemplazo es poco frecuente.

Una vez al año nosotros pasamos un conejo raspador, el conejo raspador está disponible en el mercado fácilmente.

¿Precios o presupuesto (rangos) para los servicios de mantenimiento preventivo y/o integridad de tuberías?

Correr un *pig* cuesta del orden de los 100.000 a 200.000 USD que se gasta cada cinco años. Los estudios que indican que ocurre sí pueden costar un monto similar. Hay que tener atención con el tipo de herramienta y tipo de medición. En esto no hay muchas alternativas, una o dos empresas reconocidas aunque hay varias empresas chicas, nosotros no las contratamos. Es relevante tener claro que hay que medir.

Se contratan cada tres o cuatro año análisis al revestimiento, CIS, ACVG o DCVG que corresponde a un servicio bien especializado pero donde hay bastantes empresas algunas en Chile y varias en Argentina.

Valor de la certidumbre y de un enfoque proactivo en la producción.

Buscamos la seguridad de que no van a ocurrir fallas. Lo crítico es la inspección interna por los daños de corrosión y golpes de maquinaria agrícola que comprometen la integridad del ducto.

Nociones del desempeño y mermas de la producción ante situaciones de falla.

Una falla puede significar por lo menos una semana de detención del transporte, entre las reparaciones y resolver la situación legal con la autoridad.

Con que sistema manejan la información de mantenimiento que generan las diferentes áreas de las instalaciones.

Hay dos sistema de manejo de la información, para los equipos, planta y cámara de válvulas usamos MP2, permite realizar varias funciones como registros, solicitudes de trabajo, control de stock de la bodega, herramientas de mantenimiento predictivo y preventivo (full) para efectos de registro y control, la base de este trabajo está en el terreno, muy poco mantenimiento correctivo, con el terremoto solo hubo unos problemas con unos *tubing* en una cámaras. Para el ducto y la servidumbre usamos un software que corre sobre *arcinfo* pero se le compraron unos módulos. En las ferias hay gran cantidad de consultores que ofrecen módulos o software completos para manejar la integridad. Estuvimos analizando la compra de un software a *Eagle Information Mapping* que permite realizar todos los tipos de análisis de riesgo, análisis de consecuencias, segmentación dinámica, incorporar en el software todos los resultados de las inspecciones internas, control de la protección catódica, treinta formatos para realizar hojas de alineamiento.

Acá en Chile no hay tecnología desarrollada respecto a integridad, la oportunidad está en buscar un proveedor y adaptar porque hay que pagar una fortuna para que una empresa de afuera adapte sus productos a la aplicación que se está buscando.

Actualmente que metodología están usando para definir las acciones principales en las instalaciones para evaluar/mantener su integridad.

Hay una gran carencia de personal técnico adecuado, ingeniero de ejecución mecánicos o técnicos universitarios o de instituto. La capacitación se realiza en la sala de control mirando como es la operación aprendiendo del operador experimentado. Estamos evaluando la incorporación de sistemas de entrenamiento y certificación con simuladores que tienen bases de datos y ponen al operador ante varias situaciones complejas.

Qué los motiva a preocuparse por la integridad de los ductos que están operando?

Las consecuencias de una falla en el norte de Chile son muy diferentes a lo que puede ocurrir en la zona central. En el norte se puede manejar mejor. Sin embargo tres parámetros preocupantes: En operación, mantenimiento y control, no tenemos procedimientos, no tenemos capacitación, medición de las competencias. Sistema de control de fugas, son muy pocos los instrumentos para medir. Si hemos medido el estado de las tuberías. la tubería más antigua tiene 12 años, mineroducto de 8" tiene 5 años de operación. MMM tuvimos buena información y no encontramos fallas mayores, se revisó con calicatas. Explorando otras técnicas, inspección en thredolets, medición de espesores.

Hay necesidad en saber cómo se encuentra cada tubería, explorando técnicas para revisar la condición de la tubería.

También queremos mejorar la instrumentación para conseguir un perfil hidráulico para estimar pérdidas de carga y localizar filtraciones.

¿Qué están reparando este año?

Este año estamos reparando la protección catódica del sistema.

Revisando la confiabilidad de los equipos mecánicos, estanque bombas de carga y de desplazamiento positivo.

Qué es lo más importante dentro de los concentraductos?

Es importante mantener la confiabilidad del ducto de 8".

Cuáles son los requerimientos para entrenamiento?

Nociones básicas de hidráulica y transporte de pulpas. Sistemas de control. Simulador de procesos, poder entrenar y evaluar la reacción de los operadores. ERP, área de mantenimiento, falta el control de la gestión del mantenimiento, cuanto es correctivo, preventivo, cuantas HH se consumen, etc. No hay gestión de la mantención. Todavía se requiere tener bastante más información.

Necesidad de saber dónde reparar?

No hay mapa de riesgos. Permite priorizar la reparación porque ahora no sabemos cuánto puede costar.

1. ¿Qué los motiva a implementar un sistema de gestión de integridad?

En el año 2009 ocurrió un incidente grave. Una pieza revestida del concentrado que durante la construcción fue soldada se rompió, por la corrosión por perforación del revestimiento. En un sistema documentado y argumentos sólidos.

2. La implementación de un plan de integridad requiere de gente bien preparada... Están haciendo evaluación de los operadores... Nota del 1 al 7 ¿Cómo están certificando? Qué normas están aplicando?

6 – 5.5; Trabajamos con operadores ingenieros, pasan por un simulador, necesitan un calificación mínima. Un empresa va evaluar las competencias de todas la parte de fluidos, Norma API de operadores.

3. Por donde comenzó la implementación del sistema de gestión de integridad, Capacitación de los usuarios? Recolección de datos? Cómo los encontraron porque los planos as-built generalmente no son confiables?

Un levantamiento de la información porque es bastante mala; Todo en función de proyectos, pero debe estar en función de área funcional. Jerarquía de la información; manual de procedimientos para trabajar con las áreas; meta principal que la información esté siempre actualizada. No solo la información as-built, también la resistividad del suelo por ejemplo, donde se pueda combinar toda esta información. También buscamos apoyar la generación de nuevos proyectos.

4. ¿Qué aplicaciones de software están usando para el manejo de datos? Sistema GIS, cual software? Evaluación de de la integridad del ducto? ERP? Etc?

Para los trazados de los ductos y mapas de consecuencias: Gislidar. Evaluamos varios software pero este fue el que más se ajustó a la variables operatividad-precio

5. ¿Qué inspecciones o mediciones están realizando para determinar la integridad del ducto? Pigs ó como lo están sustituyendo?

Estamos cotizando con tres empresas la pasada de *pigs* inteligentes en tramos de prueba. Con MFL se puede medir pero con menor precisión (ROSEN).

6. En la integridad es clave definir de manera confiable la vida remanente del ducto? Ustedes ya lo han definido?

Métodos alternativos, cierta metodología, acceder al interior del ducto, ultrasonido directa ACVG, calicatas, evaluación directa, requiere juntar información de varias fuentes. La pasada del *pig* muchas veces no es ejecutable. Vamos hacia allá, para poder establecer la vida remanente, por ahora solo hemos definido las líneas y hemos establecido que se tiene que cambiar.

7. Cuáles han sido los factores claves para desarrollar de manera exitosa el sistema de gestión de integridad están implementado?

La clave es el conocimiento, evaluaciones de defectos, de riesgos en función de parámetros duros, datos cuantitativos. Muchas veces la empresa que mide no tiene claro lo que está midiendo. Una tecnología no es capaz de decirte todo. Tiene que haber alguien dentro de la empresa que haya visto abolladuras, pérdidas de espesor, planes de inspección en base a la información que se tiene, alguien que haya determinado que este ducto puede operar a tal presión. Capacitar a los operadores y ajustar la operación no es tan complejo, lo otro medir la integridad requiere conocimiento y es algo que se debe comenzar a hacer.

Planificador, Minera de Cobre 3

¿Cuáles son los objetivos de largo plazo, por ejemplo, búsqueda de mayor eficiencia, de mejor rendimiento de los activos, de evitar fallas por roturas, que estén marcando la pauta en la dirección?

Los objetivos más importantes son: Búsqueda de bajos costos operacionales; Producción de grandes volúmenes y larga vida de los activos.

Respecto a los beneficios de los servicios de integridad de tuberías, a tu parecer ¿Cuáles son las motivaciones o necesidades existentes para implementar y adoptar estas metodologías?

Prolongar la vida útil de los activos, optimizar las operaciones. Diferir los costos de los proyectos, es preferible mantener que reemplazar.

¿Respecto a las inspecciones y mantenimiento lo que no puede faltar en este servicio es? (Medición de estado del HDPE, de espesor de la tubería, es importante contar con el video de la expedición, poder acceder on-line a los resultados, la evaluación del remanente de vida útil, las acciones de mantenimiento).

Hay problemas de tiempo para inspeccionar, hay buen mantenimiento en la mina y en el puerto, pero en el pipeline es complicado de seguirlo.

¿Respecto a las auditorías a la operación, que te parecería: 1) selección de operadores con las competencias necesarias, clasificados para terreno o sala; 2) un sistema de entrenamiento en Santiago a través de simulador; 3) evaluación de los operadores actuales de acuerdo a normas, requieres una coordinación con operaciones?

El nivel de capacitaciones es bajo y se requiere reforzar.

Una vez identificada esta necesidad ¿Cómo realizaran el proceso de selección?

Las etapas identificadas son:

- Requerimiento.
- Contrato
- Base de datos con proveedores.
- Licitación
- Registro de consultores de activos
- Contract Owner

Jefe de Proyecto; Superintendente de Planta y Jefe de Planta
Minera de Hierro

Tenemos dos concentradores, con sistemas de detección de fugas, sistema de cal hidratada y un sistema de detección de fugas que requiere mejoras.

Frecuencia de operación anómala MHA: No han ocurrido fugas desde el inicio de la operación en 2008, se instalaron camas de inspección, desgaste en *spools* en la estación de bombeo.

Nota operadores 5. Sin situación de emergencias es difícil de evaluar. Último problema por falla de energía. Se puede empaquetar por 21 horas. En CNN por 16 horas.

Existe el plan de lograr un plan de integridad. Realizar cosas equivalentes a la operación de gasoducto u oleoductos.

Se contrató un estudio de integridad más un consultor extranjero para analizar los resultados, lo que resultó oneroso. Correr un chanco está del orden del 1 MM USD. Sólo faltan los recursos.

El material se va adhiriendo a la tubería → Hay limpiezas químicas.

El sistema de impulsión es inspeccionado por personal propio, en caso de detectar desgaste se cambia. No hay una norma.

Control de la reología y control químico con muestras cada dos horas.

No hay mediciones CIS, DCVG, ACVG.

Para Síntomas de alza de presión, se preparó un *spool*.

En los 14 años quizás se piense en prolongar la vida útil del *pipeline*.

Sistema SAP para manejar la información. En las carpetas de mantenimiento preventivo. Al SAP no se le ha sacado toda la utilidad.

Hay mapa de riesgos para la empresa de seguridad.

Hay matriz de riesgos del *pipeline* para determinar los planes de emergencia. También los potenciales impactos y responsabilidades.

Presión del área comercial por el tema de las certificaciones que debería estar en el 2015.

- **Cuáles son las empresas que realizan el mantenimiento de protección catódica a los pipelines en Chile, o lo realizan las mismas empresas?**

Las empresas que trabajan en Chile son PPG, Corrotek, Onix, Baisa, Total de Colombia y Cathodic Protection de Perú. Generalmente trabajan en proyectos nuevos o en *pipelines* que no tienen sistema de protección catódica lo que contempla realizar las mediciones de la resistividad del suelo, trazado de la protección y diseño. Este último está respaldado por las marcas que representan para rectificadores y camadas de ánodos de sacrificio.

- **Sabes del costo de dichos servicios? Hay precios competitivos?**

Un proyecto típico está del orden de los 3 MM USD. Cuando se trata de mejoramientos los proyectos cuestan del orden de medio millón de USD. Cuando se trata de consultoría la HH cuesta del orden del 5 UF.

- **Sabes de algún método directo para medir la corrosión en un concentrado? o Cuáles son los métodos indirectos más apropiados para medir la corrosión en un pipeline con liner de HDPE?**

El *pig* inteligente es el método más directo para medir corrosión. La medición de potenciales permite detectar fallas en el revestimiento pero no nivel de corrosión. En cuanto a la corrosión interna solo es posible tener buen control de la química y pH del líquido a transportar. En cuanto a normas debiéramos mirar más detalladamente las normas europeas que no son tan abiertas como las normas NACE.

- **Estamos estudiando el lanzamiento de servicios de integridad para tuberías, sugerencias?**

Atender a estos dos casos: En Chile hay tres o cuatro personas que son realmente expertos en protección catódica. Como ejemplo en Emiratos Árabes rara vez utilizan protección catódica, solo en los tramos que están cerca de la costa. En Chile debiera ocurrir algo similar, sin embargo, siempre se proyecta protección catódica a lo largo de todo el *pipeline*. Otro extremo es el caso de Talara en Perú donde un pipeline falló en el año 5 por un mal diseño de la protección catódica puesto que cambio la resistencia del suelo. Todo esto significa que el propietario siempre tiene que revisar su sistema y asesorarse con expertos para resguardar la integridad del *pipeline*.

Tamaño del mercado y orden magnitud de los niveles de ventas de *Penspen Integrity* en Chile, y nivel mundial.

El mercado chileno de integridad para pipeline minero debe estar en el orden de los 20 MM USD, servicios de inspección externa, desarrollo de tecnología y mediciones con *pig* inteligente (MFL y ultrasonido). En Chile PENSPEN tiene contratos de 4 MM USD en dos años. En el mundo PENSPEN tiene ventas del orden de los 3.000 MM USD donde sólo 100 corresponde a los servicios de integridad.

¿Este el tipo servicio o contrato es el que mayoritariamente desarrolla PENSPEN Integrity?

Los servicios de PENSPEN abarcan desde el proyecto conceptual hasta la puesta en marcha de las nuevas instalaciones. Penspen Integrity entrega servicios durante toda la operación y el asesora en el cierre de la explotación. En Chile al igual que en todo el mundo nuestro negocio es la entrega de conocimientos, todo lo que corresponde a mediciones en el *pipeline*, desarrollo de *software*, construcción es subcontratado. Nuestro servicios a mineras consisten auditorías o evaluaciones de la situación actual de la integridad, cursos de entrenamiento, preparación de un PIMS (*Pipeline Integrity Management Systems*). Específicamente un PIMS busca: Identificar todos los eventos que pueden conducir a una falla catastrófica del *pipeline*; Examinar la probabilidad y consecuencias de potenciales incidentes en el pipeline; Examinar y comparar todos los riesgos; Definir quién es el responsable de cada aspecto del activo y su gestión; Definir cuáles son las políticas y los procesos claves para lograr los objetivos y metas; Definir cómo se implementan las políticas y procesos; Definir cómo se mide el desempeño; Definir cómo se revisa y audita el sistema.

¿Cuáles son los grupos estratégicos de competidores en los servicios de integridad?

Competidores directos en el negocio del conocimiento de la integridad están:

- PIMS of London.
- MACAW (que trabaja con ROSEN).

En mediciones de integridad las empresas más importantes son:

- GE&PII,
- ROSEN,

Hay otras empresas que son representantes como MORKEN.

¿Cuál es el beneficio económico de tener implementado un PIMS?

La inversión en un pipeline es de alto costo y se implementa en una varios años (ref. 8 años). Un PIMS permite postergar inversiones de reposición de pipeline que no debería hacerse. Un ejemplo, el gasoducto de San Martín lleva 40 años operando y hace poco no solo se prolongó su vida útil, también se aumentó su capacidad. Además la pérdida que se produce por postergar la venta de producción en una minera es muy superior al costo multas, reposición, impacto ambiental y limpiezas.

Maíra Rejane Marques Samary
Magister en Ciencias Mención Computación

1) Es posible desarrollar aplicaciones Saas tipo google-earth o similares a googleearth pero utilizando las fotos satelitales de alta resolución que tienen las mineras.

El API consiste de archivos de JavaScript que contienen las clases, métodos y propiedades que se usan para el comportamiento de los mapas. Tú puedes usar Google-Earth o Google-Maps como fondo y cargar la información de tus propias fotos y datos. Sin embargo, si es Saas probablemente no puedas acceder a la información de los servidores de la minera.

2) Cómo es la arquitectura de las mineras; sistema cerrado? Para cargar las aplicaciones habría que usar los data center?

Exactamente, es un sistema cerrado para disminuir riesgos de un ataque informático. Algunas mineras tienen sus servidores en Antofagasta. Efectivamente si quieres acceder a la información de los servidores de la minera tienes que instalar ahí tu software. A lo mejor te conviene crear software propio, Mapcity es un ejemplo.

3) Los ERP de mantenimiento de las mineras entregan algún reporte de estatus que se pueda mostrar gráficamente a través del Saas.

No hay ERP de mantenimiento lo que hay son módulos que se adosan al ERP. Si el módulo está operativo probablemente será poco atractivo tener dos *software*. Lo que puedes hacer es linkear con el reporte de mantención que entrega el módulo.

4) De manera análoga, con maquetas de Autocad 3D, generar aplicaciones para ver el estatus del mantenimiento.

Solo será interesante si no hay módulos de mantención operativos. Respecto a información de diseño y estudios, ahí dependerá de las necesidades de cada cliente.

Anexo B: Costeo de los servicios

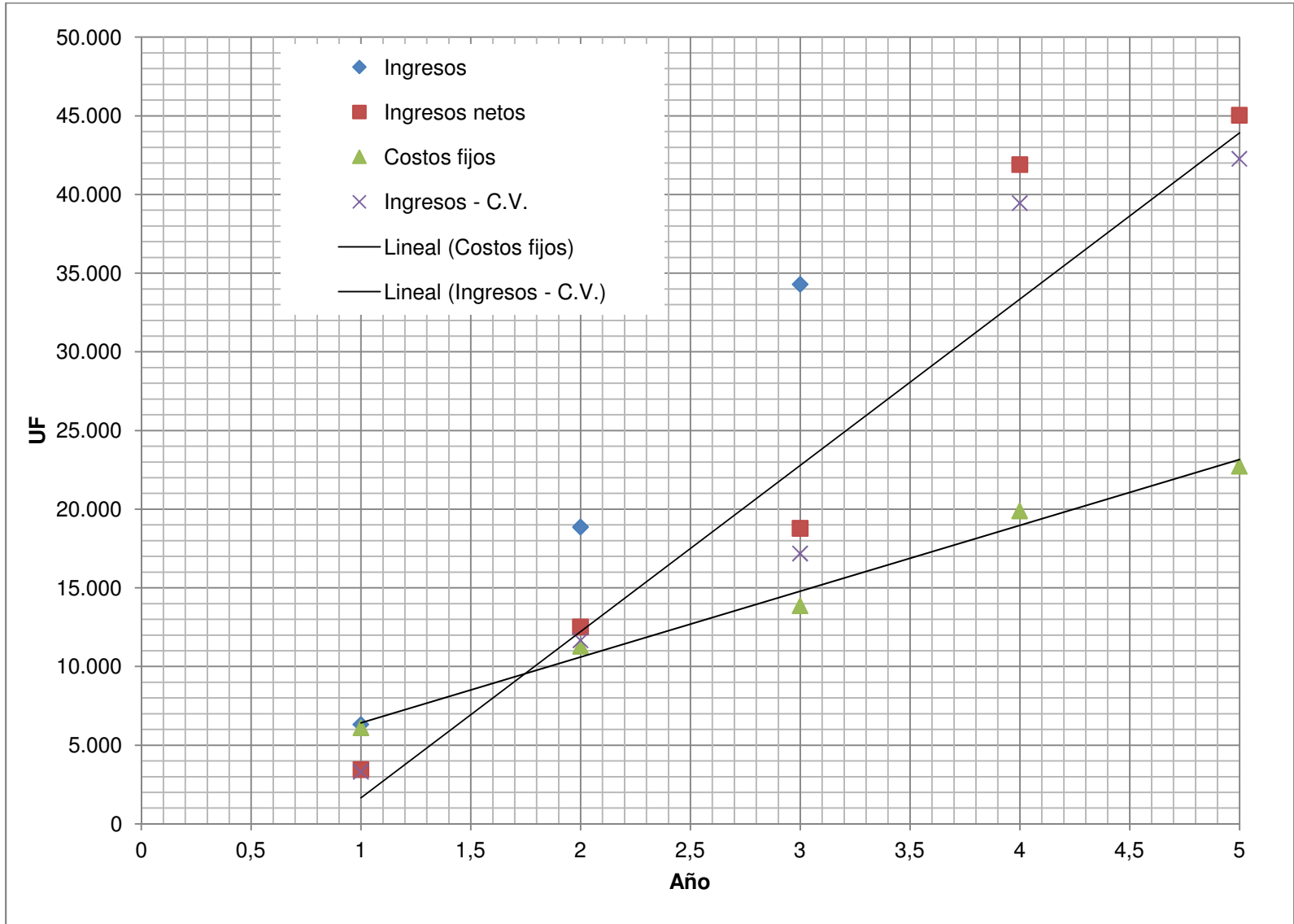
Auditoría		Brass						
Actividad	Total HH	CN	JP	IA	IB	IC	CV SS	Precio
Reunión coordinación con el cliente	30		20	10				68
Recopilación de información	70		20	20	30			132
PI2T	180					180		228
Evaluación hidráulica	280	60	20	40	60	100		522
Identificación de amenazas	290	50		100	140			543
Benchmarking	310	50		80	180			568
Reunión coordinación con el cliente	50	10	10	30				109
Reporte final	430	50	20	60	100	200		715
Estimación gastos administrativos 15%								433
Total Auditoría		669	228	604	776	609		3.319
HH		220	90	340	510	480		1.640
Costo HH (UF)		292	95	249	254	155		1.045
Margen HH (UF)		378	133	354	522	453		1.841
EBITDA HH (UF)		325	116	309	477	426		1.653
Voyager								
Actividad	Total HH	CN	JP	IA	IB	IC	Otros	Precio
Reunión coordinación con el cliente	20			10	10			33
Programa de inspección	35	5		5	25			62
Preparación sonda de inspección				20				36
Sonda de inspección							1.137	1.137
Mediciones de terreno								
Inducciones y coordinación	80			40	40			132
Paso del Voyager	160			80	80			264
Ensayos laboratorio	40				40		13	74
Reporte final	135	15		40	40	40		228
Estimación gastos administrativos 15%								295
Total Voyager		61	0	346	358	51	1.150	2.260
HH		20	0	195	235	40		490
Costo HH (UF)		27	0	143	117	13		299
Margen HH (UF)		34	0	203	241	38		516
EBITDA HH (UF)		30	0	177	220	35		462
Pig limpieza								
Actividad	Total HH	CN	JP	IA	IB	IC	Otros	Precio
Reunión coordinación con el cliente	10			5	5			16
Planificación	25			5	20			39
Preparación pigs	15			15				27
Pigs							162	162
Tareas de terreno								
Inducciones y coordinación	40				20	20		56
Lanzamiento pig de limpieza	120				60	60		167
Reporte final	35			5	30			55
Estimación gastos administrativos 15%								78
Total Pig limpieza		0	0	53	205	101	162	601
HH		0	0	30	135	80		245
Costo HH (UF)		0	0	22	67	26		115
Margen HH (UF)		0	0	31	138	76		245
EBITDA HH (UF)		0	0	27	126	71		224

Limpieza química	Brass							
Actividad	Total HH	CN	JP	IA	IB	IC	Otros	Precio
Reunión coordinación con el cliente	10			5	5			16
Planificación	45			5	40			70
Selección de químicos	120	40		40	40			254
Químicos de limpieza							1.014	1.014
Tareas de terreno								
Inducciones y coordinación	60			30	30			99
Limpieza química	240				120	120		335
Reporte final	65			5	30	30		93
Estimación gastos administrativos 15%								282
Total Limpieza química		122	0	151	403	190	1.014	2.162
HH		40	0	85	265	150		540
Costo HH (UF)		53	0	62	132	48		296
Margen HH (UF)		69	0	89	271	142		570
EBITDA HH (UF)		59	0	77	248	133		517
Medición Integridad								
Actividad	Total HH	CN	JP	IA	IB	IC	Otros	Precio
Reunión coordinación con el cliente	20			10	10			33
Programa de inspección	35	5		5	25			62
Mediciones en terreno	140			20	120			218
PI2T	70					70		89
Reporte final	175	15		40	40	80		279
Estimación gastos administrativos 15%								102
pig inteligente							12.680	12.680
esp. ultrasonido							3.262	3.262
MMM							14.197	14.197
CIP DCVG							7.493	7.493
Total Medición Integridad - pig inteligente		61	0	133	297	190	12.680	13.463
HH		20	0	75	195	150		440
Costo HH (UF)		27	0	55	97	48		227
Margen HH (UF)		34	0	78	200	142		454
EBITDA HH (UF)		30	0	68	182	133		413
Total Medición Integridad - esp. ultrasonido		61	0	133	297	190	3.262	4.045
HH		20	0	75	195	150		440
Costo HH (UF)		27	0	55	97	48		227
Margen HH (UF)		34	0	78	200	142		454
EBITDA HH (UF)		30	0	68	182	133		413
Total Medición Integridad - MMM		61	0	133	297	190	14.197	14.980
HH		20	0	75	195	150		440
Costo HH (UF)		27	0	55	97	48		227
Margen HH (UF)		34	0	78	200	142		454
EBITDA HH (UF)		30	0	68	182	133		413
Total Medición Integridad - CIP DCVG		61	0	133	297	190	7.493	8.276
HH		20	0	75	195	150		440
Costo HH (UF)		27	0	55	97	48		227
Margen HH (UF)		34	0	78	200	142		454
EBITDA HH (UF)		30	0	68	182	133		413

Evaluación de integridad		Brass						
Actividad	Total HH	CN	JP	IA	IB	IC	Otros	Precio
Reuniones de coordinación con el cliente	200		50	50	100			368
Recopilación de información	600	50	10	180	180	180		999
PI2T	250					250		317
Evaluación hidráulica	105		5	20	30	50		157
Evaluación de riesgos								
Segmentación <i>pipeline</i>	220	40		30	50	100		378
<i>Software</i> evaluación de riesgos	60			10	25	25		87
Asesoría equipo experto	60	60						183
Análisis consecuencias	200	80	10	10	20	80		418
Evaluación Fitness For Purpose	130	20	10	20	30	50		231
Reporte final	150	20	10	20	40	60		259
Estimación gastos administrativos 15%								510
Total Evaluación de integridad		822	241	604	723	1.008		3.906
HH		270	95	340	475	795		1.975
Costo HH (UF)		358	100	249	236	257		1.201
Margen HH (UF)		464	141	354	487	751		2.196
EBITDA HH (UF)		399	122	309	444	705		1.980
Entrenamiento de operadores								
Actividad	Total HH	CN	JP	IA	IB	IC	Otros	Precio
Reunión coordinación con el cliente	20		10	10				43
Evaluación conocimientos teóricos	15		5	5	5			29
Evaluación competencias y habilidades	15		5	5	5			29
Informe de evaluación	15		5	5	5			29
Entrenamiento teórico	50	10		40				101
Modelo hidráulico sistema de impulsión	90	15	5	10	10	50		155
Desarrollo de simulador	130			30		100		180
Entrenamiento práctico en simulador	80			40		40		122
Evaluación final	10				5	5		14
Reunión coordinación con el cliente	20		10	10				43
Estimación gastos administrativos 15%								112
Total Entrenamiento de operadores		76	101	275	46	247		857
HH		25	40	155	30	195		445
Costo HH (UF)		33	42	114	15	63		267
Margen HH (UF)		43	59	161	31	184		478
EBITDA HH (UF)		37	52	141	28	173		430

Rehabilitación 50 km; reparación 2 km		Brass						
Actividad	Total HH	CN	JP	IA	IB	IC	Otros	Precio
Coordinación (reuniones con el cliente)	200	20	90	90				449
Planificación y control	1170		90	540	540			2.008
Subcontratos	360				360			548
Evaluación hidráulica	70	15	5	25		25		134
Ingeniería de detalle							412	412
Tubería y materiales							4.423	4.423
Movilización							1.853	1.853
Reparación 2 km de tubería							8.339	8.339
Reparación revestimiento exterior tubería 2 km							3.043	3.043
Pruebas hidráulicas 28 km							8.689	8.689
Desmovilización							284	284
PI2T	315					315		399
Evaluación Fitness For Purpose	130	20	10	20	30	50		231
Informe final	120		15	15	90			202
Gastos administrativos (15% HH)								4.652
Total Rehabilitación 50 km; reparación 2 km		167	533	1.225	1.552	495	27.043	35.667
HH		55	210	690	1.020	390		2.365
Costo HH (UF)		73	222	506	507	126		1.434
Margen HH (UF)		94	311	719	1.045	368		2.537
EBITDA HH (UF)		81	271	628	953	346		2.279

Anexo C: Cálculo Punto de Equilibrio



Anexo D: Reglamento de Seguridad para el Transporte y Distribución de Gas de Red (Decreto 280; fecha de publicación 07-04-2010)

Terminología

2.14 SGIR: Sistema de Gestión de Integridad de Redes. Sistema de Gestión de una empresa operadora de transporte o distribución de gas de red, que aplica métodos y procedimientos, para mantener en buen estado de operación las redes de gas, administrando el Riesgo y maximizando las condiciones de seguridad, a fin de prevenir la ocurrencia de accidentes o incidentes en dichas redes.

Artículo 20º. Los propietarios u operadores de toda red de gas deberán contar con un SGIR que aplique a las redes y manejo del gas de red. Este sistema deberá estar debidamente documentado y deberá contener los siguientes elementos:

20.1 Orientaciones y objetivos generales de la organización en relación con el SGIR, expresados formalmente a través de una política definida que debe contener el cumplimiento explícito de las legislaciones vigentes aplicables.

20.2 Definición de las obligaciones y responsabilidades básicas del propietario u operador y del personal en materia del SGIR.

20.3 Estructura organizacional del SGIR. 20.4 El SGIR debe incluir los elementos de gestión señalados en el punto 2.4 del Código ASME B31.8S-2004.

20.5 Procedimientos, procesos, estándares, documentos y recursos para aplicar el SGIR.

20.6 Procedimientos de revisiones y evaluación de la efectividad del SGIR.

20.7 Programa de Integridad de Redes, que deberá considerar lo siguiente:

1. Definiciones del programa.
2. Recopilación e integración de información.
3. Evaluación de riesgo de la actividad en forma periódica.
4. Definición de los métodos de evaluación de integridad de redes y los procedimientos para su aplicación.
5. Procedimientos de prevención, detección y mitigación de los riesgos de la actividad.
6. Métodos y procedimientos de reparación de redes.
7. Manual de Seguridad, en adelante MS, el cual deberá ser revisado anualmente por un profesional experto en prevención de riesgos Categoría A. El MS deberá abordar, como mínimo, las siguientes materias:
 - 1) Procedimientos para trabajo seguro (PTS), de mantenimiento y construcción, para operaciones especiales como detenciones y puestas en marcha y paradas de emergencia;
 - 2) Instrucciones de prevención de riesgos en el manejo del gas transportado o distribuido
 - 3) Plan de emergencia; relaciones con contratistas en aspectos de seguridad y durante emergencias. Éste debe contemplar una organización y procedimientos operativos que permitan actuar en forma eficaz y sistemática, minimizando las improvisaciones en el manejo de las eventuales emergencias que se puedan presentar. Asimismo, deberá contemplar un responsable de dirigir las acciones durante la emergencia, el cual debe poseer un cabal conocimiento de las instalaciones y su operación, y de las posibles emergencias que puedan ocurrir.
 - 4) Procedimientos de investigación de accidentes.

- 5) Permisos para trabajos de mantenimiento y construcción; y
- 6) Disposiciones especiales.

20.8 Para el caso de redes metálicas de transporte o gasoductos de recolección, se deberá cumplir con lo establecido en el Código ASME B31.8S-2004 "Managing System Integrity of Gas Pipelines", considerándose para las tuberías de distribución de gas sólo aquellas disposiciones que les sean aplicables.

Anexo E: Reglamento de Seguridad para las Instalaciones y Operaciones de Producción y Refinación, Transporte, Almacenamiento, Distribución y Abastecimiento de Combustibles Líquidos

(Decreto 160; fecha de publicación 7-7-2009)

§ 1. Programa de Seguridad

Artículo 25º.- Programa de Seguridad es el conjunto ordenado de actividades sistemáticas, debidamente formalizadas y documentadas, destinadas a controlar o eliminar los riesgos de accidentes y daños a las personas o cosas, que una organización se propone cumplir en un período determinado.

Artículo 26º.- El Programa de Seguridad deberá contener:

- a) Orientaciones y objetivos generales de la empresa de CL, en relación con la seguridad y los riesgos, expresados formalmente por la dirección superior, a través de una política definida de seguridad y riesgos, política que deberá contener, como mínimo, el cumplimiento explícito de la legislación vigente y aplicable.
- b) Definiciones de las obligaciones y responsabilidades básicas del operador de una instalación de CL y del personal, en materia de seguridad y riesgos.
- c) Estructura organizacional, procedimientos, procesos, estándares, documentos y recursos para aplicar el Programa.
- d) Identificación de los peligros y evaluación de los riesgos de la actividad y de sus instalaciones.
- e) Planes y programas de prevención y control de riesgos.
- f) Programas de capacitación y entrenamiento del personal.
- g) Programa de confiabilidad operacional para el aseguramiento de la integridad mecánica y la confiabilidad del equipamiento crítico, entre otros, tanques y tuberías.
- h) En el caso de operadores de transporte de CL por carretera, el Programa deberá considerar lo relativo a conductores, vehículos y rutas.
- i) Procedimientos escritos para el manejo seguro de CL, que incluyan:
 - Instrucciones para la operación segura de cada instalación de CL.
 - Condiciones para puesta en servicio, para operación normal, operaciones provisionales, operaciones de emergencia, y detención programada.
 - Plan de Mantenimiento e Inspección de cada una de las instalaciones que opera.
 - Naturaleza, cantidad, duración y frecuencia de las actividades.
 - Investigación de accidentes.
 - Procedimientos de revisiones y evaluación anual de la efectividad del Programa de Seguridad.
 - Relaciones con contratistas en aspectos de seguridad y durante emergencias.
- j) Revisión y evaluación anual de la efectividad del Programa de Seguridad.

§ 2. Manual de Seguridad de Combustibles Líquidos (MSCL)

Artículo 27º.- El Manual de Seguridad de Combustibles Líquidos, debe contener las siguientes materias:

- a) Definición de las obligaciones y responsabilidades básicas del operador y del personal, en materia de seguridad y riesgos.
- b) Organigrama.
- c) Supervisión de las operaciones.
- d) Procedimientos de trabajo seguro (PTS) en instalaciones de CL.
- e) Hoja de datos de seguridad de productos químicos (HDS) según NCh 2245.Of2003, "Sustancias químicas - Hojas de datos de seguridad y en Requisitos".
- f) Instrucciones de prevención de riesgos en el manejo de CL y sustancias peligrosas.
- g) Plan de Mantenimiento e Inspección de la instalación.
- h) Relaciones con contratistas en aspectos de seguridad y durante emergencias.
- i) Procedimientos para otorgar permisos para realizar trabajos de construcción, mantenimiento e inspección.
- j) Investigación de accidentes.
- k) Obligaciones de la gerencia, del servicio de prevención de riesgos, de los supervisores y de los trabajadores.
- l) Prohibiciones a todo el personal.
- m) Normas especiales.

Artículo 28º.- El personal deberá estar debidamente capacitado para el correcto cumplimiento del MSCL.

Artículo 29º.- Será aplicable a su personal y a toda persona que, por cualquier causa, concurra a las instalaciones.

Artículo 30º.- El MSCL deberá ser revisado en períodos no superiores a 3 años y actualizado cada vez que se efectúe una modificación que tenga incidencia en alguna de las materias contenidas en éste, lo que debe ser efectuado con la asesoría de un Experto en Prevención de Riesgos.

§ 3. Planes de Emergencia y Accidentes

Artículo 31º.- Los métodos de manejo de CL en caso de emergencia o accidente, deberán estar establecidos en un Plan de Emergencia, basado en normas nacionales y a falta de éstas en normas extranjeras, reconocidas internacionalmente. El Plan deberá quedar registrado por escrito y versionado.

El plan de emergencia, el cual debe ser parte tanto del MSCL como del Programa de Seguridad, deberá contemplar una organización de excepción y procedimientos operativos normalizados, que permitan actuar en forma sistemática, minimizando las improvisaciones y, por ende, las posibilidades de error, en el manejo de eventuales emergencias. Dentro de dicha organización, los encargados de dirigir las acciones durante la emergencia, deberán tener competencia técnica adecuada, poseer cabal conocimiento de las instalaciones y su operación, así como de las posibles emergencias que puedan ocurrir en la instalación de CL.

El personal que trabaje en las instalaciones deberá estar capacitado para adoptar las medidas necesarias en caso de incendio o siniestro, como asimismo, conocer la ubicación y manejo de los elementos que corresponda utilizar.

Artículo 231º.- Las tuberías de transporte de CL al menos deberán ser inspeccionadas de acuerdo a los tipos, señaladas en la Tabla XXI.

Tabla XXI

Tipo de inspección	Método	Frecuencia	
En servicio	Control de Protección Catódica	Medición de Potenciales de Protección Catódica.	Trimestral
		Efectividad del Sistema de Protección Catódica.	Anual
		Verificación de Rectificadores y otras Fuentes de Corriente Impresa.	Cada 2 meses
		Control de los medios protectores de corriente impresa	Anual
		Verificación de Interruptores de Corriente Inversa, diodos, enlaces de interferencia, equipos críticos de control de protección catódica.	Cada 2 meses
En servicio	Inspección Visual de la superficie exterior (Patrullaje).	Tuberías en zonas residenciales, comerciales o industriales, que además transportan GLP	Semanal.
		Otras áreas y otros productos.	Cada 2 semanas.
En servicio.	CIS, DCVG, ACVG, entre otros.		Cada 5 años
Fuera de servicio	Métodos Directos o Indirecto (Pigging Inteligente, medición de espesores localizados)		Cada 5 años

Nota 1: Además, se debe aplicar esta inspección en cualquier instante en que el cruce pueda ser dañado por inundaciones, tormentas, o se prevea daño mecánico.

Anexo F: Simulación de Montecarlo

Se realizan 5.000 iteraciones donde se varía en los siguientes: Cantidad de servicios contratados por año y por cliente; Precio de venta de la HH por ingeniero especialista o cargo; Sueldo bruto del ingeniero especialista o cargo; tasa de interés del préstamo bancario por capital de trabajo.

Variables

1. Asignación de servicios:

La tabla F-1 muestra la cartera de prospectos que accederían a los servicios de integridad, mayormente corresponden a minas de cobre, donde solo tres ductos requieren de rehabilitación. También se han considerado dos minas de hierro y dos operadores de ductos de impulsión de agua.

Prospectos	Longitud del ducto (km)	Factor por servicio	Rehabilitación de ductos
<u>Minas de cobre</u>			
CO_1	120	1,2	Se realiza en dos años
CO_2	170	1,7	Se realiza en dos años
CO_3	200	2	Se realiza en dos años
CO_4	70	0,7	Se realiza en dos años
CO_5	120	1,2	Se realiza en dos años
<u>Minas de hierro</u>			
H_1	120	1,2	No realiza
H_2	80	0,8	No realiza
<u>Operador de acueductos</u>			
W_1	120	1,2	No realiza
W_2	80	0,8	No realiza

Tabla F-1: Cartera de prospectos

Luego para asignar cada servicio a cada cliente (k), se asigna con la función RND de Visual-Basic (Macros de Excel) una probabilidad P(k), si el valor de P(k) cumple las siguientes reglas se asigna el servicio:

Servicio	P(k) primer año	P(k) resto años	Otra reglas
AUDITORÍA	0,15	0,3	-
MEDICIÓN	0	0,3	Auditoría realizada en el año anterior. Medición y Evaluación se realizan juntas.
EVALUACIÓN			
REPARACIÓN	0	0,6	Evaluación realizada en año anterior; Se reparan 50 km/año; Sólo mineras de cobre.
LIMPIEZA	0,4	0,4	-
ENTRENAMIENTO	0,3	0,3	-
VOYAGER	0,4	0,4	Sólo en mineras de cobre

Tabla F-2: Reglas para asignación de servicios

2. Precio de venta:

La tabla F-3 muestra la variación en el valor de HH por especialista de ingeniería:

Categoría	Precio HH UF	P.MÍN. UF	P.MÁX. UF
Consultor nacional	3,04	2,7	3,3
Jefe de proyecto	2,54	2,3	2,8
Ingeniero A	1,78	1,6	2
Ingeniero B	1,52	1,4	1,7
Ingeniero C	1,27	1,2	1,4

Tabla F-3: Precio de HH por especialista

Considerando la estimación de HH, la tabla F-4 muestra la variación de los precios de los servicios de integridad:

SERVICIO	COBRE		HIERRO		AGUA	
	MÍN. (UF)	MÁX. (UF)	MÍN. (UF)	MÁX. (UF)	MÍN. (UF)	MÁX. (UF)
AUDITORÍA	2.800	3.800	2.520	3.420	2.380	3.230
MEDICIÓN	10.000	10.300	9.000	9.270	8.500	8.755
EVALUACIÓN	3.300	4.500	2.970	4.050	2.805	3.825
REPARACIÓN	35.000	37.000	0	0	0	0
LIMPIEZA	1.300	1.500	1.170	1.350	1.105	1.275
ENTRENAMIENTO	750	1.000	675	900	638	850
VOYAGER	2.120	2.400	0	0	0	0

Tabla F-4: Precio de servicios

3. Sueldos:

La tabla F-5 muestra la variación de los sueldos brutos por especialista de ingeniería y/ cargo:

Especialista/Cargo	MÍN.MM\$	MÁX.MM\$
Gerente	3,5	5
Ing.A	2,4	3,5
Ing.B	1,6	2,8
Ing.C	1,2	1,7
Ing.Subcontratos	2,2	3,5
Ing. Ventas	1,5	3,5
Ing.I&D	1,7	3

Tabla F-5: Precio de servicios

4. Tasa de interés:

De acuerdo con un escalamiento esperado para la tasa de interés anual de préstamos bancarios de corto plazo (capital de trabajo) la tabla F-6 muestra la variación.

Año del Negocio	Mín. Interés (%)	Máx. Interés (%)
(2015) Y1	8	10
(2016) Y2	9	11
(2017) Y3	10	12
(2018) Y4	11	13
(2019) Y5	12	14

Tabla F-5: Tasa de interés

Anexo G: Selección de Artículos Técnicos

1. In-Line Inspection for Water Pipelines

Caso de línea de acero revestida con mortero cemento inspeccionada con *pig* MFL

2. DACON Brochure Pipeline Thickness Inspection (Intelligent Pigging)

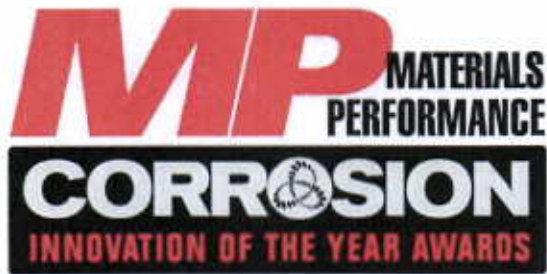
Caso de oferta de medición con *pig* de ultrasonido para líneas de HDPE

3. In-Line Inspection of High Pressure Transmission Pipelines: State-of-the-Art and Future Trends

by Alfred BARBIAN, Michael BELLER

4. Study of pipelines that ruptured while operating at a hoop stress below 30% SMYS

by Michael Rosenfeld¹ and Robert Fassett



Title of Innovation: In-Line Inspection for Water Pipelines

Nominee(s)

Margaret Hannaford, P.E. , Division Manager, Hetch-Hetchy Water and Power Division of the San Francisco Public Utilities Commission

Category:

(select one below)

Coatings and Linings

Cathodic Protection

Materials Design

Chemical Treatment

Instrumentation

Testing

Integrity Assessment ✓

Other—fill in

Dates of Innovation Development:

February 2007 to June 2013

Web site:

None (but reference Pure Technologies site to see current status?)

Summary Description:

An advanced in-line inspection (ILI) system was developed to assess the condition of large-diameter, cement mortar-lined steel pipelines for water conveyance. The mortar lining unique to water pipelines prevented accurate assessment of the pipe wall by ILI until the nominated system was developed. The project designed and built magnetic flux leakage (MFL) tools, a geometry (caliper) tool, and propulsion equipment to move the tools through pipelines ranging from 56- to 80-inches in diameter and lined with ½-inch or more thickness of cement mortar. A computer-based system for data handling and interpretation were also developed. The HHWP division of SFPUC conceived and sponsored the project. Electromechanical Technologies, Inc. (EMTEK) was retained as ILI expert. CH2M HILL provided technical assistance during development and testing of the system.



Here is a photograph of the MFL inspection tool assembled for display. The wheels support the tool in the pipeline. The magnet and sensor arrays are in an orange circumferential band near the center of the tool. The blue-colored frame holds electronics modules and is adjustable to allow the tool to fit in pipes ranging from approximately 56- to 80-inches. Separate propulsion vehicles (not shown) are used to move the tool through the pipeline, which is taken out of service and drained prior to inspection.

The inspection tools and propulsion systems are assembled in the pipeline after the parts are placed in the pipe through existing access manholes. All power and data storage are housed in the tool. The data are retrieved and analyzed using computer programs. The inspection system accurately measures the depths and dimensions of areas of metal loss and their locations on the pipeline. In addition, features such as joints, connections, welds, and third party damage can be readily identified.

During the later stages of ILI system development, EMTEK was acquired by Pure Technologies which completed manufacturing and delivery of completed tools, electronics, software, and related items to the SFPUC in accordance with the contract. Pure Technologies obtained rights to build similar tools and markets the inspection system as a commercially available service (see www.puretechltd.com).

Full Description:

How does the innovation work?

Similar to other methods of ILI, the innovation works by passing the MFL scanning tools through the inside of the pipeline of interest, collecting the data, and interpreting it for anomalies that indicate metal loss due to corrosion or damage by other causes.

MFL technology is relatively simple in concept. Permanent magnets are used to temporarily magnetize the steel pipe and the effect is observed. The magnetic flux is uniform if there are no flaws in the wall of the pipe. If internal or external flaws are present, the magnetic flux is distorted, and this distortion or 'leakage' can be measured by Hall Effect sensors.

The application of MFL to large-diameter, mortar-lined pipe posed several challenges: Powerful magnets are necessary to magnetize the pipe wall; precision electronics are required to acquire and retain data; and signals must be correctly interpreted. In addition, all ILI equipment was designed to be placed into the pipeline through existing manholes, assembled, operated, and then removed by the reverse process. Existing large-diameter water pipelines rarely have pig launching facilities.

When and how was the innovation developed?

Like other water utilities, HHWP's prior condition assessments of its water pipelines were based on traditional methods such as review of maintenance records and excavation of the pipe for inspection. HHWP recognized that the accuracy of traditional methods was limited and that the most accurate method of pipeline assessment would be to use ILI to scan the full circumference and length of the pipeline for damage by corrosion and other causes.

The first step was to evaluate ILI technologies based on the literature and state-of-the-art in the oil and gas pipeline industry. Three possible methods were evaluated: ultrasonic thickness gauging; remote field eddy current; and magnetic flux leakage or MFL, which was ultimately selected based on the expected accuracy and practical considerations for ILI.

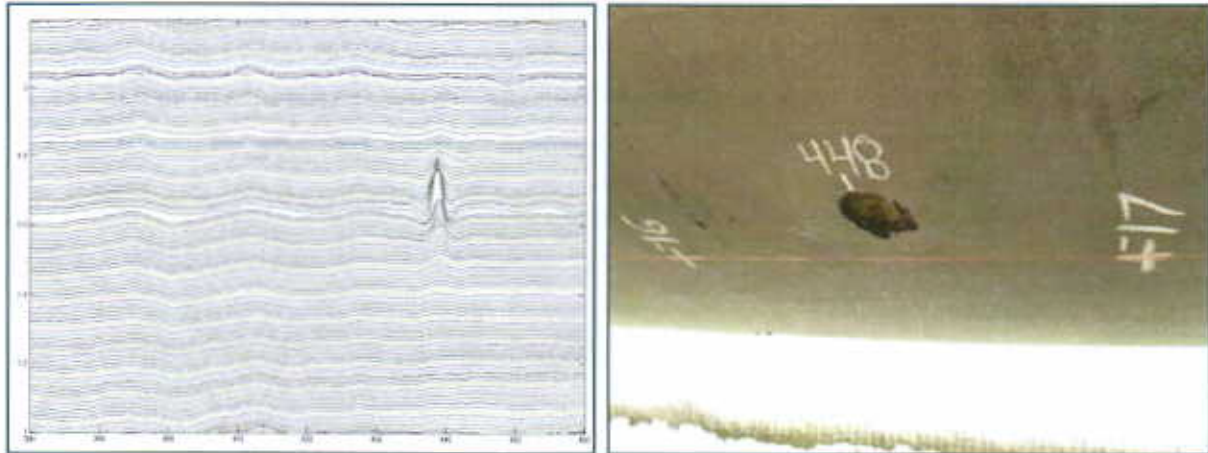
After the technology was selected, development of the ILI system occurred in several phases. Phase 1 included design and construction of prototype systems with bench-scale testing followed by full-scale field testing on 6 miles of pipeline. Phase 2 consisted of revisions to ILI systems previously constructed and subsequent full-scale field testing on 7 miles of pipeline. Phase 3 consisted of further improvements in the MFL tools, electronics and software, and full-scale field testing on additional pipeline.

How or why is the innovation unique?

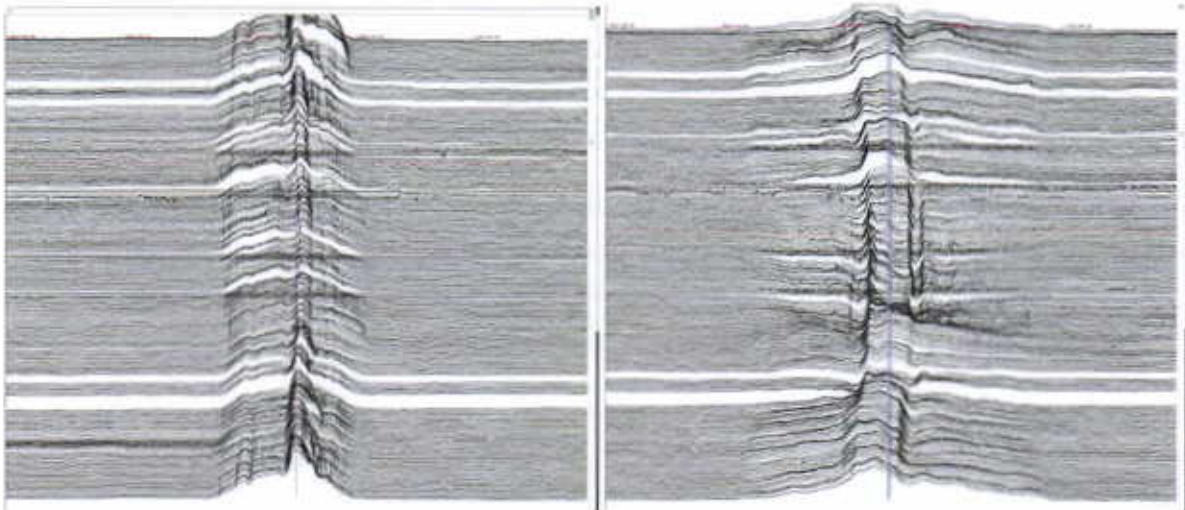
There is no other proven ILI system that can accurately measure metal loss and other features in large-diameter steel pipe with mortar lining.

What type of corrosion problem does the innovation address?

The ILI system identifies metal loss by mechanisms and forms of corrosion including pitting, thinning, galvanic action, and microbial induced corrosion (MIC). In addition, the ILI system identifies damage by other causes such as third party construction or agricultural equipment. Finally, the ILI system finds and documents old repairs and modifications that may not have been fully documented in records, which is common for historical pipelines.



The sharp peak in the MFL signal on the chart (left) correlated exactly with the deep pit found in the pipeline after excavation at the location indicated by ILI with the MFL tool.



The MFL 'signatures' for a riveted pipe joint (left) and a butt-strap welded joint (right).

What is the need that sparked the development of the innovation?

HHWP was faced with need to accurately assess the condition of the San Joaquin Valley Pipelines to provide for future reliability and minimal maintenance costs. These pipelines consist of approximately 120 miles of cement mortar-lined steel pipe with a replacement value on the order of \$1 billion. HHWP recognized the limitations of traditional methods of water

pipeline condition assessment and concluded that the accuracy of ILI systems used in oil and gas pipeline should be applied to water pipelines if possible.

Are there technological challenges or limitations that the innovation overcomes?

The ILI system overcomes the barriers to magnetic induction and field strength measurements that are created by thick cement mortar linings in steel pipe. In addition, the ILI system overcomes the marginal accuracy provided by traditional indirect forms of pipeline condition assessment.

Powerful magnet assemblies had to be designed and built to magnetize the thick steel pipe wall through the mortar. Precision electronics had to be configured to acquire and retain huge amounts of digital data. The computer software system required programming with algorithms for interpretation of data. The ILI equipment had to be physically configured for insertion and removal from the pipeline without cutting into it.



The view of the MFL tool from the propulsion vehicle driver's seat, and assembly of the vehicle from parts handed through an access manway in the pipeline.

Other challenges involved development of a means of safely moving the tool through the pipeline at the desired rate of travel. An electric vehicle propulsion system was designed for this purpose. The combined weight of the magnets, electronics, power supply, carriage, and propulsion system is several thousand pounds.

Another challenge was to make the tool adaptable to a range of pipeline diameters. This was accomplished using a modular 'space frame' design for the carriage. The diameter of the tool is adjusted by changing certain parts of the frame while keeping the same tool configuration.

What are the potential applications of the innovation?

All large diameter, cement mortar-lined steel pipelines are candidates for evaluation by the ILI system. The only requirements are that the pipelines must be temporarily taken out of service, drained and made safety for entry of personnel and passage of the tools.

How does the innovation provide an improvement over existing methods, techniques, and technologies?

Existing methods of condition assessment of buried water pipelines require collection and analysis of data such as leak records, soil corrosivity, and coating condition. Data collection includes trying to find and assess the extent of metal loss due to corrosion and damage by other causes such as third party construction or agricultural equipment. For historic pipelines, it is also important to find and document old repairs and modifications that may not have been fully documented in records. This is a time-consuming and expensive process. In addition, the quality and accuracy of the collected data affect the accuracy of engineering evaluations made using the data.

Experience suggests that traditional methods of condition assessment have accuracy is moderate at best. Advanced methods of condition assessment by ILI involve scanning the full circumference and length of the pipeline under study to identify all defects. This approach was already in use in the oil and gas pipeline industry, but, until this innovation, was unavailable for large-diameter water transmission pipelines with cement mortar linings. The new system provides more and better inspection data in a much shorter time with labor and cost savings for condition assessment.

What type of impact does the innovation have on the industry/industries it serves?

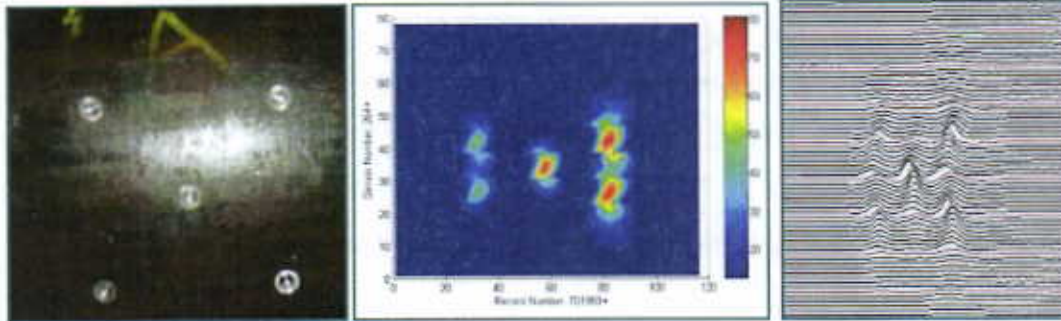
For the first time, large-diameter, mortar-lined water pipelines can be accurately scanned for metal loss and other defects over the full circumference and length of the line. There is currently no other practical way to accomplish this method of non-destructive evaluation.

Does the innovation fill a technology gap? If so, please explain the technological need and how it was addressed prior to the development of the innovation.

Water utilities have for many years expressed the need for improved accuracy in pipeline condition assessment, particularly for large-diameter pipelines that are often old and yet critical to the water delivery system. Prior to the development of the nominated ILI system, the only options available were to do nothing or gather indirect data and try to make the best judgment as to pipeline condition and need for repairs, rehabilitation, or replacement.

Has the innovation been tested in the laboratory or in the field? If so, please describe any tests or field demonstrations and the results that support the capability and feasibility of the innovation.

The ILI system innovation has been extensively tested in the laboratory, on the bench, and in the field on actual pipelines used for water delivery.



Bench test results for mortar-lined pipe with machined defects (left) and MFL signals (center and right). The MFL identified all machined defects in a 'blind' test of coated pipe.



Field test result found corrosion 70 percent through pipe wall as indicated by MFL signal at right. This was one of several areas of metal loss located by the ILI system on a 56-inch diameter mortar-lined pipe.

Is the innovation commercially available? If yes, how long has it been utilized? If not, what is the next step in making the innovation commercially available?

The nominated ILI system is commercially available as a service from Pure Technologies, which acquired EMTEK in July 2011. Since then, Pure Technologies has used the ILI system in pipelines operated by the SFPUC and by the San Diego County Water Authority.

Are you aware of other organizations that have introduced similar innovations? If so, how is this innovation different?

ILI of water pipelines has been a subject of investigation since the early 1990's, as described in the American Water Works Research Foundation's 1993 publication, Nondestructive Evaluation of Watermains for Physical Integrity (nominator Rod Jackson was co-author of the report).

Subsequently, Russell Technologies developed a remote-field eddy current ILI tool for small-diameter cast iron pipe and ultimately became the Hydroscope. In recent years, Russell has developed other eddy current tools that are claimed to work on large-diameter mortar-lined pipe. However, our review of the tools concluded that accuracy was limited and inferior to results attainable by MFL methods.

Are there any patents related to this work? If yes, please provide the patent title, number, and inventor.

There are no known patents for the inspection system developed by this innovation. Rights for applications MFL technology are established and traceable to Shell and original developers.

PIPELINE THICKNESS INSPECTION (INTELLIGENT PIGGING)



FOR ALL YOUR INSPECTION NEEDS



The In Line Inspection (ILI) technique provides unparalleled inspection accuracy in steel and dense material pipelines. The smallest corrosion, pitting or erosion is immediately detected and measured in relation to the pipeline integrity.



If your pipeline is:

- Old and /or very corroded you should choose ILI.
- In need of very accurate /detailed inspection you should choose ILI.
- Externally inaccessible and requires full inspection coverage you should choose ILI.
- Borderline and /or close to de-rating /decommissioning you should choose ILI.
- Without launcher /receiver facilities you should choose ILI.
- Non metallic pipeline, such as HDPE, you should choose ILI.



There are techniques that may have higher 'through pipeline' speed than ILI, but when it comes to inspection accuracy the ILI tool can provide owner or operator with the best remaining thickness data available. The inspection principle used in the ILI system is based on the original IRIS system developed under Shell in 1979. The system consists of a horizontally placed ultrasonic transducer contained within the centre body of the ILI tool.



The transducer sends it's sound waves horizontally where they hit a 45° rotating mirror, which then directs the sound waves perpendicular towards the pipe wall. Every time the signal hits a surface a proportion of it will reflect back to the transducer the same way it came. The difference in time between the sent and received signal allows the computer to calculate the time of travel which is then converted to distance and the measurement recorded.

These measurements are made by the transducer approximately 800 times per second. The mirror rotates twice per second, allowing 400 measurements around the circumference of the pipe in a single revolution. This allows for thickness measurements as little as 1mm apart.

PIPELINE THICKNESS INSPECTION (INTELLIGENT PIGGING)



FOR ALL YOUR INSPECTION NEEDS



The ILI system can also be used for riser inspections, whether with or without production outage. A real time cable operated system is also available, where inspection results are immediately seen by the technicians on a control computer as the ILI tool descends down the riser.

The ILI tethered system can also be used for underground lines, road crossings, jetty lines etc., where external access is limited. Again the advantage is in the extremely accurate and immediate inspection results.

Large diameter piping up to 64" and non-metal pipelines such as HDPE can also be inspected by the ILI system. Dacon are currently the World leader in Intelligent Ultrasonic Pigging of HDPE pipelines.

Dacon's research and development department is continuously working on upgrades or specific developments to suit clients' requirements.

With today's availability of advanced technology such as GPS systems, inclinometers, accelerometers, sensors etc., there is virtually no limit to the amount of data that can be gathered from an ILI tool run down a pipeline.



In-Line Inspection of High Pressure Transmission Pipelines: State-of-the-Art and Future Trends

Alfred BARBIAN, Michael BELLER

NDT Systems & Services, 76297 Stutensee, Germany; Phone: +49 7244 7415 0,
Fax: +49 7244 7415 97, alfred.barbian@ndt-global.com, michael.beller@ndt-global.com

Abstract

Today pipeline inspection through the use of in-line inspection tools is a standard procedure. These inspection tools collect highly precise data regarding the geometry of flaws and defects in the pipe wall. In turn this data is used for fitness-for-purpose investigations, the final goal of the operator being an understanding of the true state of integrity for a given pipeline.

Different physical principles are applied during the non destructive testing of pipelines, each with its own set of advantages and disadvantages. Choosing the most suitable non destructive testing technology and therefore in line inspection tool for a given inspection task requires an understanding of these different techniques and their system specific measurement thresholds, accuracies and resolutions.

This paper will provide an overview of the most widely used in-line inspection technologies of today, with a special focus on the use of ultrasound technology for the detection and sizing of metal loss, quantitative wall thickness measurement and crack inspection. Case examples will be used to illustrate the information that these tools can provide and the influence of accuracy, resolution and confidence levels on integrity assessment and fitness-for-purpose procedures.

The paper will also discuss current trends in the industry: the development and application of specialized inspection tools for offshore pipelines in a deep water environment, the combination of different inspection tasks into a single tool or utilizing a multi-technology approach to optimize inspection performance.

The advantages of the multi-technology approach will be illustrated through its use in a new inspection tool combining ultrasound, magnetic flux leakage and eddy current technologies in order to provide true quantitative wall thickness measurement and metal loss inspection capabilities for gas pipelines.

Finally the paper will provide an outlook on the future technical trends in the pipeline inspection industry.

Keywords: Pipeline inspection, inline inspection, integrity assessment, ultrasound, magnetic flux leakage, EMAT, combo tools, metal loss, crack inspection

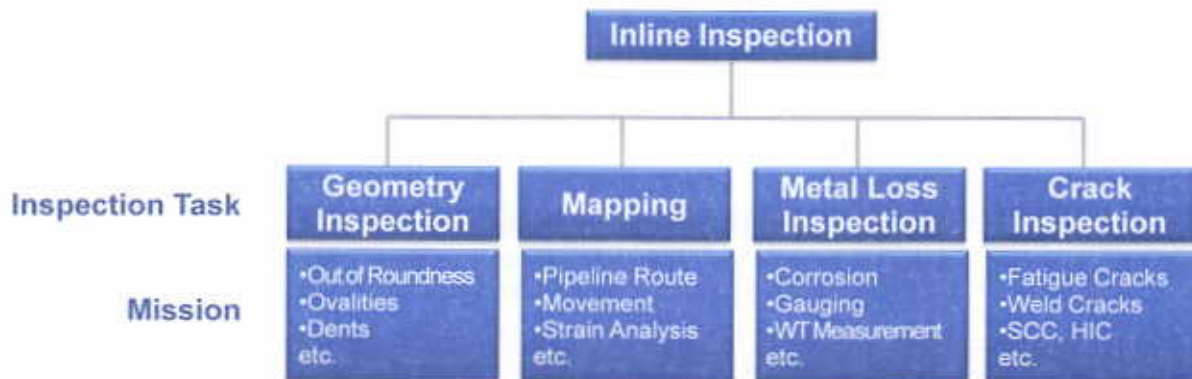
1 Introduction

With a worldwide aging pipeline infrastructure and increasing economical and regulatory constraints for pipeline operators, pipeline integrity issues are an area of increasing relevance. In many countries of the world pipeline regulations not only demand inspections or monitoring of structural integrity at certain intervals, but a continuous process of verification of pipeline integrity and fitness-for-purpose. In-line inspections complemented by other inspection techniques applied externally are today the method of choice for these inspection requirements. Many regulations recommend or even demand the use of intelligent inline inspection (ILI) tools [1, 2]. The use of these tools provides an effective and efficient way to inspect large length of pipelines within reasonably short time spans.

The purpose of an in-line inspection is the detection, sizing and location of flaws and defects within the pipe wall. In other words, the determination of geometric dimensions, which in turn are used as input for the codes applied for integrity assessment.

There is a huge choice of ILI tools on the market today. Useful information can be found in the literature [3, 4] and is regularly published in the industry journals.

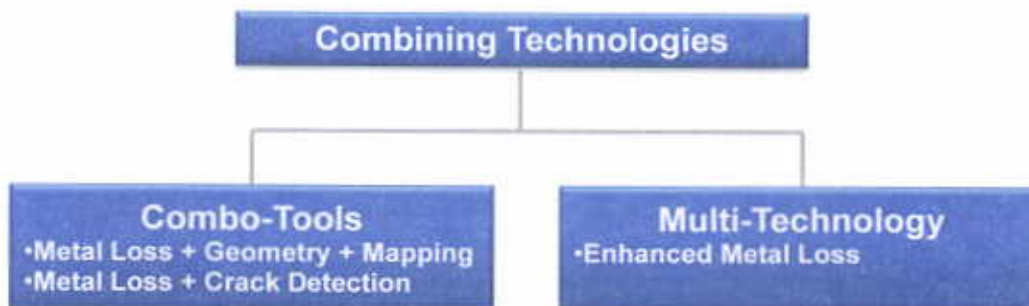
The following three diagrams provide a short overview regarding the in-line inspection technologies currently commercially available and the inspection missions that can be covered.



The most widely performed inspections relate to geometry inspection, metal loss and lately also crack inspections.



A trend in the industry, mainly driven by developments in electronics and increase in the number of individual channels that these units can record is the combination of technologies. Two terms widely used today are "Combo-Tools" and "Multi-Technology Tools":



The information provided by ILI tools basically consists of geometric data regarding a flaw or anomaly found, namely:

- length (how long is a flaw from beginning to end, extent in the direction of the pipe?)
- depth (how deep is a flaw, deepest point?)
- width (how wide is a flaw, circumferential extent?)
- circumferential position (orientation, o'clock position of a flaw?)
- longitudinal position (where along the line is the flaw?)
- pipeline route (where is the pipeline and was there any change in position?)

This data is then used to analyze the integrity of a line. Integrity assessment and fitness-for-purpose investigations in turn play an important role in defining and optimizing maintenance and possible rehabilitation procedures. Two extremely important issues within this context are the defect specifications (probability of detection, probability of identification) achieved and the question of measurement accuracy (confidence level).

2 The Rationale For In-Line Inspection

Pipelines are the primary means to safely transport large quantities of oil or gas at high pressures and over large distances. Their safety and availability are of greatest importance. From the integrity side pipelines can be treated as pressure vessels. Any anomaly or flaw must be detected and identified before it has a detrimental effect on the integrity of a given line or pipeline system. The internal pressure of a pipeline will induce a state of mechanical stress in the pipe wall. Pipelines are designed or rather the wall thickness of the pipeline is chosen such that a given operational pressure can safely be endured. In high pressure pipelines the hoop and axial stresses are usually of greatest relevance. As stress analysis tells us, a reduction in load bearing area will increase local stresses. This is the reason why corrosion in particular or metal loss in general have a negative effect on the integrity of a line. The load bearing cross sectional area of the pipe wall is reduced and the acting stress subsequently increased. A scenario whereby the local stresses at any point in the line exceed the yield strength is to be avoided. The same line of thought also relates to cracks. Cracks must be found and ideally sized, before they reach a certain material specific critical size. In fracture mechanics this critical size is the boundary between having a subcritical crack which will stop, if external load is reduced or eliminated and rapid crack growth driven by the energy stored in front of the crack tip and independent of external load. If either metal loss or cracks are not identified in time plastic instability or fracture can occur. Modern integrity assessment follows a fitness-for-purpose approach. An important input required in the process is the geometry of any flaw or anomaly present. It is the mission of in-line inspection to detect, size and locate features, thus providing the required geometric input. As a consequence, this is also the rationale for using them. Only in-line inspection can inspect a pipeline, offering full coverage of the pipe surface, or actually the full volume of the wall.

2.1 Defects in Pipelines

Anomalies, flaws or defects are usually associated with the operation of a pipeline. However, it is also important to understand that anomalies can be present in the pipe wall, long before the pipeline starts its operational life.

Table 1: Milestones in the Life of a Pipeline shows the usual milestones in the life of a linepipe (i.e. the actual pipe or pipes that make up a pipeline). The example shown here relates to a longitudinally welded pipe.

Table 1: Milestones in the Life of a Pipeline

Milestone	Possible Flaws
Steel Production	Impurities, cavities, segregation etc.
Plate Production in Steel Mill	Laminations, blisters, scabs, cracks and other rolling defects such as slivers etc.
(Line)Pipe Production in Pipe Mill	Out of roundness, roofing, any flaws/cracks related to the welding technique (ERW or SAW) etc.
Pipeline Construction and Commissioning	Dents, plastic deformation, flaws/cracks related to the girth weld etc.
Pipeline Operations	Geometric Flaws, Metal Loss and Cracks, Pipeline Movement etc.
Pipeline Rehab and Repair	Flaws introduced during a rehab or repair operation

In-line inspection therefore not only need to detect and size features found, usually during an inspection performed during the operational life of the pipeline, but they need to characterize the feature. Manufacture related and operational features must be distinguished. The better this can be done, and the better the accuracies of the inspection technology applied are, the better will be the quality and usefulness of the fitness-for-purpose analysis.

3 Technologies Applied for Metal Loss and Corrosion Inspection

This paper will not address geometric inspection and mapping, but will focus mainly on metal loss and corrosion inspection, the most widely performed inspection type.

The well proven technologies applied for metal loss and corrosion inspections today are magnetic flux leakage (MFL) and ultrasound (UT). Both technologies are based on different physical principles, both with their individual characteristics.

Some publications refer to three non-destructive testing technologies being applied for metal loss and crack inspection, namely magnetic flux leakage, piezo-electric ultrasound and ultrasound using EMAT (where EMAT actually stands for electro-magnetic acoustic transducers).

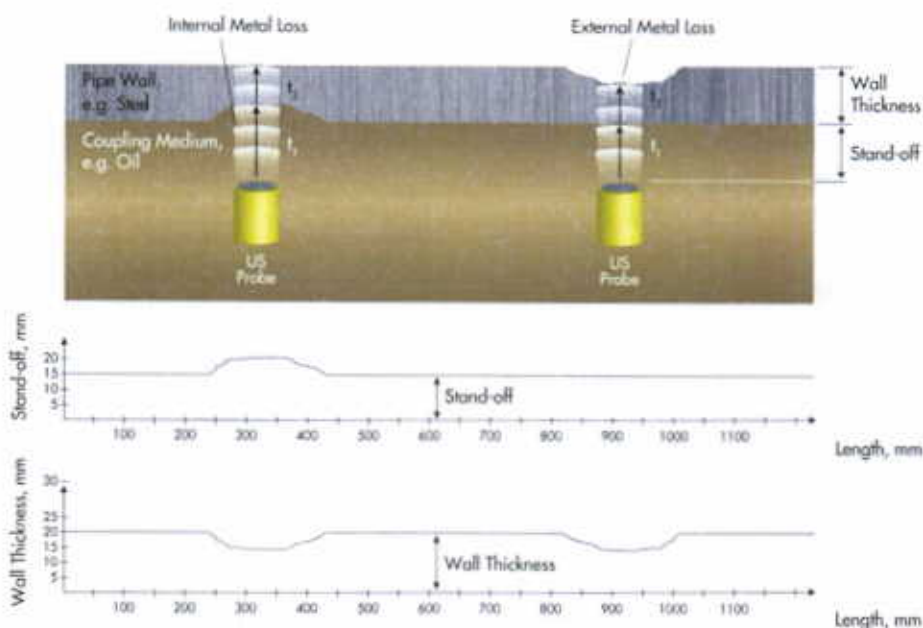


Figure 1: Ultrasound principle for wall thickness measurement

Figure 1 depicts the ultrasound principle most widely used for metal loss inspection and quantitative wall thickness measurement. A sufficient number of ultrasound probes must be used to ensure full circumferential coverage of the pipe. Here, one piezo-electric transducer is sketched at two locations. The transducer sends out a short pulse of ultrasonic energy which is initially reflected from the internal surface of the pipe wall. The ultrasonic signal is not an individual arrow, but a wave front of acoustic energy. Part of this signal will be reflected; the remainder will enter the wall and be reflected from the outer surface of the pipe, the back wall. The electronics of the tool will precisely measure the time of flight. As the speed of sound of the medium in the pipe and also the pipe wall are known and constant, the time of flight will provide quantitative values for the stand-off distance between sensor and internal wall, as well as the wall thickness. Any changes in stand-off and wall thickness readings will

clearly identify internal metal loss; any changes in wall thickness only will identify external metal loss. In addition, ultrasound can detect and size mid wall features such as laminations and inclusions.

The drawback is that piezo-electric transducers require a liquid medium. This liquid is present in oil or products lines, but not in gas pipelines for instance. The liquid is needed to ensure that a sufficiently strong ultrasonic signal enters the wall. In a gas environment too much energy is lost and a meaningful measurement cannot be achieved.

However, this predicament can be overcome by using a methodology to induce the ultrasonic signal directly in the wall to be inspected, EMAT. Figure 2 shows one simplified principle.

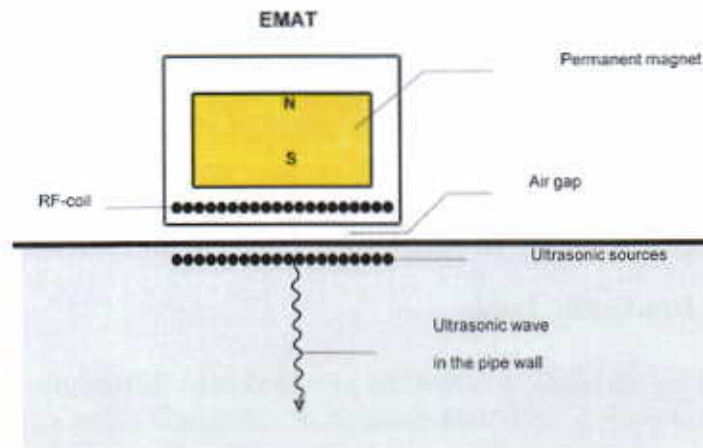


Figure 2: EMAT-working principle

Here the ultrasound is induced at the surface of the pipe to be inspected. Electromagnetic principles are used to excite ultrasonic vibrations at the surface of the test piece. Different approaches, the magneto-restrictive principle or the principle based on Lorentz forces are today applied in the industry.

Another flaw type which can significantly affect the integrity of a line is a crack or material separation. Due to the loading conditions present in pipelines - from a stress analysis perspective they are actually pressure vessels with a cylindrical geometry - they are in most cases orientated in a longitudinal direction - along the axis of the pipe - and grow in a radial direction, parallel to the ultrasonic beam depicted in figure 1. As they are parallel, they would not cause a reflection and therefore would be "invisible". For this reason it is necessary to search for cracks with an ultrasonic beam travelling under an angle, as shown in figure 3. A crack will now reflect the signal and can be detected reliably.

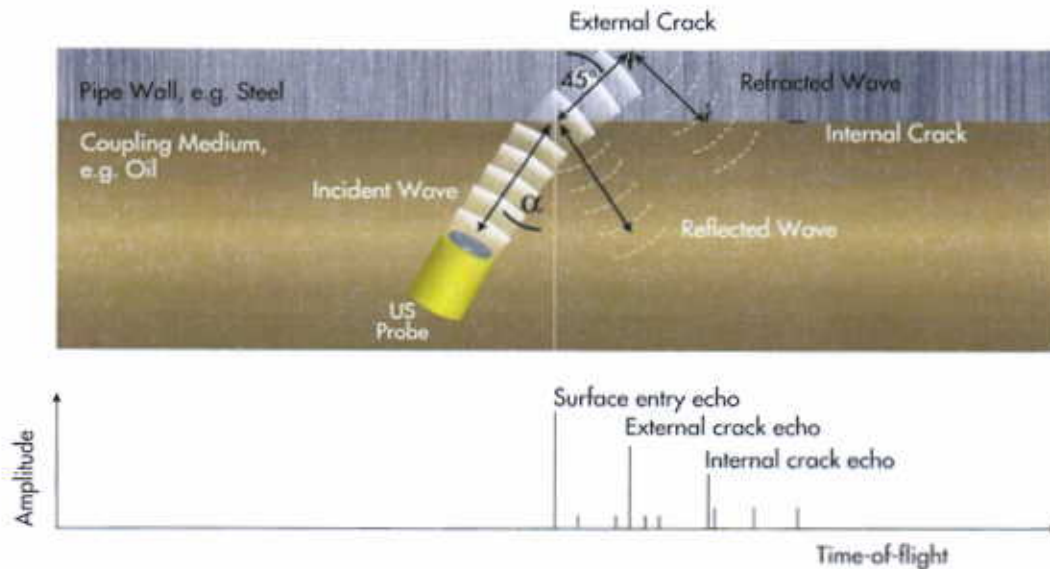


Figure 3: Ultrasound principle for crack inspection

4 Tool Design: Ultrasonic Tools

Exemplary the design of an ultrasonic tool will be provided here. Ultrasonic in-line inspection tools are in general fitted with a sufficient number of ultrasonic transducers to ensure full circumferential coverage of the pipe. They work in a pulse-echo mode with a rather high repetition frequency. Straight incidence of the ultrasonic pulses is used to measure the wall thickness and 45° incidence is used for the detection of cracks.

In terms of data processing, ultrasonic tools represent one of the most challenging tasks in ultrasonic non-destructive testing. Depending on the pipe diameter to be inspected up to several hundred sensors have to be controlled, their echoes recorded, on-line data processing applied in order to reduce the total amount of data and the resulting data stored. The speed of the tool during a survey depends on the medium pumped in the line. It may therefore vary within a certain range and should be able to cope with the usual pumping rates in liquid lines, in order to limit any need for reducing the flow and therefore creating a potential production loss. Pressure and temperature range as well as mechanical parameters such as vibration and shock loading during tool movement have to be considered. A further requirement is that in-line inspection tools should be designed intrinsically safe in order to avoid any safety issues during launching and receiving. After launching the tools cannot be accessed and therefore the inspection process has to be fully automatic and cannot be supervised.

Today ultrasonic in-line inspection tools are available for all typical pipeline diameters, starting from 6".

4.1 Hardware

Figure 4 shows a picture of an ultrasonic in-line inspection tool. Here the 24" crack detection configuration is shown. The major difference compared to other inspection tools utilizing ultrasound technology is the modular design philosophy applied. It was the goal to develop a single tool type, which can be configured for a variety of inspection tasks. This resulted in a family of tools equipped with electronics which can be used for tasks including wall thickness measurement as well as crack detection. The number of channels is thereby sufficient to always ensure full circumferential coverage for any chosen inspection task, including special

applications such as a pitting corrosion survey. The mechanical layout is such that the tool components can be scaled up or down. The advantage of this approach is that a minimum of different components need to be built in order to cover a wide range of pipeline diameters as well as inspection tasks.

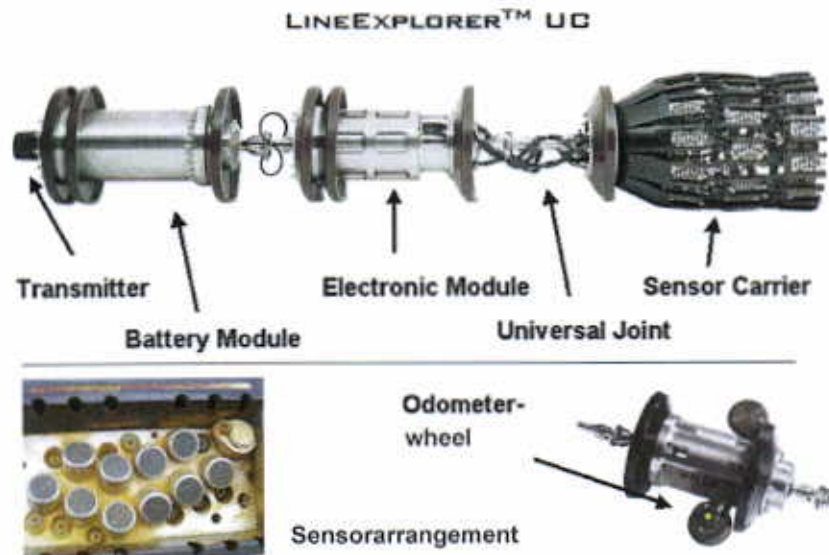


Figure 4: Ultrasonic crack detection tool

Figure 5 shows schematics illustrating the modular design approach. The figure shows the individual sensor carriers configured for wall thickness, crack inspection as well as combined inspection. As shown in Figure 2 the 24" tool, for instance, is made up of two pressure vessels housing the power supply, electronics as well as a trailing sensor carrier housing the ultrasonic transducers.

The data obtained during an inspection are stored on solid state memories that are the safest and most reliable means of storing data in such a hostile environment. The distance traveled in the line, needed for locating the features detected, is measured using several odometer wheels. The front of the tool is covered by a protecting unit (nose), covering the transmitter housing shown here. The individual pressure vessels are connected through universal joints which allow the tool to negotiate either 3D- or 1.5D-bends, depending on the tool configuration. The first body is fitted with batteries ensuring a safe supply of power to the tool for up to several days. The electronic and recording unit of the tool is housed in the second vessel and incorporates enough channels to cover pipeline diameters from 20" to 56" for wall thickness and 20" to 42" for crack detection application. The sensor carrier is made of polyurethane and houses the ultrasonic transducers. To adapt the tool to a different pipe diameter the polyurethane cups are exchanged, which can be done quickly.

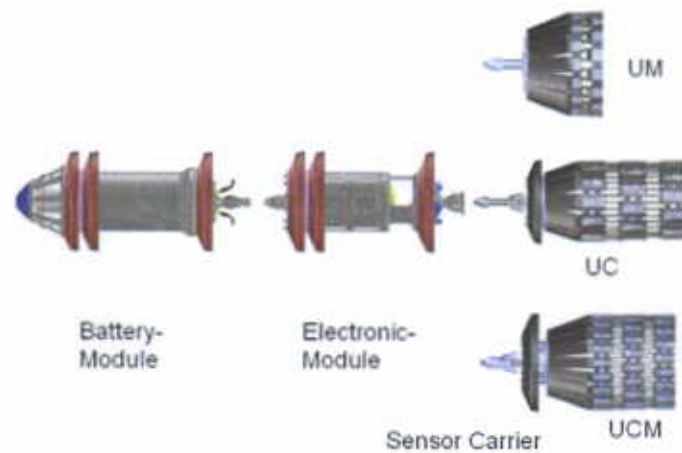


Figure 5: Modular Tool Design

(the sensor carriers shown here are not to scale and only used to schematically show the modular design.)

There are a variety of different sensor carrier designs depending on the inspection requirement. Configurations are available for wall thickness measurement, crack detection (axial, circumferential and spirally welded), combined inspection (wall thickness and cracks) and special tasks (e.g. pitting, bi-directional etc.).

The wall thickness version houses sensors aligned at right angles to the wall inspected, whilst the crack detection version contains sensors orientated at a predetermined angle to the pipe wall which ensures that ultrasonic shear waves will travel under a 45°-angle within the metal. Figure 6a shows the assembly of wall thickness sensors and figure 6b the one for crack detection. All sensors are mounted on metal plates. The polyurethane sled will ensure a constant stand-off. The design will also have to ascertain that wax cannot clog the exposed parts of the sensor carrier.

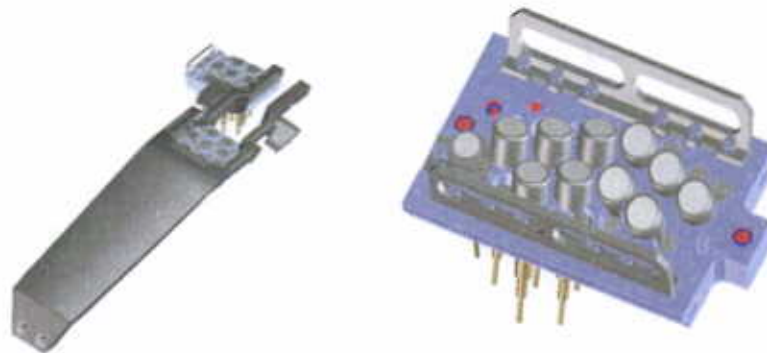


Figure 6: (a) The assembly of the sensors for wall thickness measurement, (b) assembly for crack detection.

The tool is configured for individual pipeline sizes through adaptation kits and corresponding sensor carriers, which will be available for all intermediate sizes. With the advancement of data processing power, shorter processing times became feasible. This has a direct influence on the possible inspection speeds. The inspection speed, however, affects the production loss of the pipeline operator. It is often desirable that the pumping speed of the product should not be reduced due to pigging issues.

Using the latest processor technology an inspection speed of at least 1.5 m/s for crack detection and up to 2.4 m/s for wall thickness measurement is possible whilst achieving full defect specifications.

4.2 Data Analysis and Reporting

Several data processing steps are carried out on the tool. The analog A-Scan is AD-converted and processed according to the ALOK algorithm [5]. In a next step, there is a crack detection algorithm that will determine which signals result from potential crack candidates and select them for storage. In addition, the position of the long seam weld is evaluated.

The data is stored in a more suitable format such that no time consuming data translation process is required. This means that the data retrieved from the tool can be directly loaded into a desktop or laptop PC for visualization or analysis.

With the data quickly ready to analyze there is still a lot of work to be done. An artificial intelligent network selects defect candidates and reduces the number of indications to be manually checked. The display of the data, using proprietary software, allows the analyst to quickly access the relevant portions of the data and enter conclusions. The actual compiling of the report is partly automated using reporting tools that work on a centralized database.

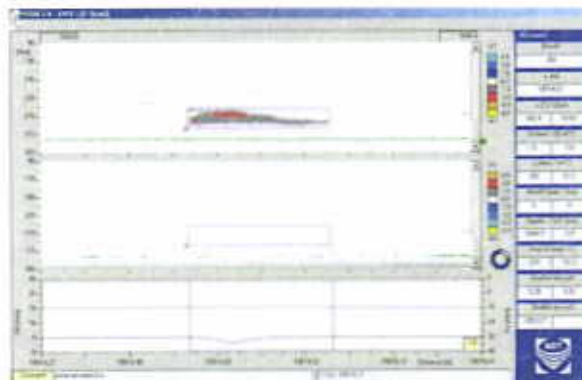


Figure 7: Screenshot of a typical external metal loss

The screenshots shown in figure 7 shows a typical display of an external corrosion found with an in-line inspection tool.

The identification of cracks is mainly done by looking at several B-Scans at the same time. The viewing software will display the B-Scan of sensors that are circumferentially aligned. Defect signals show up in all B-Scans at a specified time-of-flight difference between the corresponding sensors.

5 Typical Thresholds

Table 2 shows typical thresholds regarding the depth sizing of metal loss for different in-line inspection tools. This means any feature or flaw in the pipe wall must have a minimum depth in order to be picked up by the inspection tool utilized. Typical values regarding the minimum defect diameters a feature must have in order to be detected and sized by a magnetic flux leakage tool are between 1 and 3 x t (MFL-tools usually relate defect specifications to the wall thickness (t) of the line being inspected). For a 10 mm wall thickness this would mean 30 mm. A typical industry specification for high resolution ultrasound tools is a minimum depth of 0.5 mm, with a minimum surface diameter of 20 mm. Detection only can usually be

achieved for smaller surface diameters. Some magnetic flux leakage tools state 1 x t, and ultrasonic tools 10 mm.

Table 2: Typical minimum defect specification for different tool types

Tool Type	MFL high resolution	MFL extra high resolution	UT high resolution	UT pitting configuration
General Metal Loss				
Minimum depth of feature to ensure detection	> 10 % t	> 5 % t usually valid for internal metal loss.	0.5 mm	0.5 mm
Pitting Corrosion				
Minimum depth of feature to ensure detection	> 20 % t	> 10 % t usually valid for internal metal loss.	1.5 mm for minimum feature diameter of 10 mm	1.5 mm for minimum feature diameter of 5 mm

where t = wall thickness.

Only recently have ultrasonic tools entered the market which offer full depth sizing capabilities starting from a depth of 0.4 mm with a surface diameter of 10 mm, and detection without depth sizing starting from a surface diameter of 5 mm.

6 The Three Dimensions of Resolution

The term resolution is most widely used in relation to depth measurement in the context of metal loss surveys, i.e. relating to the question of how precisely a given tool can resolve the depth of a flaw. Another critical issue is the ability of a tool to reliably detect the actual deepest point of a metal loss feature.

However, it has to be noted that resolution is an issue of all three dimensions, e.g. depth, axial size (length of feature along the pipe) and width (circumferential extent of feature).

- **Axial Resolution and Circumferential Resolution**

Measurements taken by an in-line inspection tool basically supply a grid of measurement points taken. The actual area that a sensor covers will ensure that there is overlap from sensor to sensor, thus ensuring full coverage of the pipe wall.

A standard value in the industry regarding axial resolution is approximately 3 mm, i.e. taking a reading every 3 mm along the axial direction of the pipe. For an average speed of 1 m/s during the inspection this value relates to a pulse repetition frequency of 300 Hz. The term "pulse repetition frequency" relates to the number of times the ultrasound transducer switches from emitting to receiving a signal per second.

The number of samples taken can be raised, for example by increasing the pulse repetition frequency, whilst retaining the same inspection speed (e.g. 600 Hz at a speed of 1 m/s would result in an axial sampling of 1.67 mm or 3.3 mm at 2 m/s). Latest generation ultrasonic tools are available which can offer a 0.75 mm sampling (i.e. one measurement taken every 0.75 mm). Advanced electronics also allow for survey speeds to be increased to approximately 2.5 m/s.

Most ultrasonic tools on the market relate to the resolution 3 mm in the axial direction and approximately 8 mm in the circumferential direction. This configuration is often referred to as “high resolution”, making use of the same term also used for magnetic flux leakage tools.

- **Depth Resolution vs. Accuracy**

The depth resolution of an inspection tool indicates which precision the depth measurement can achieve. It is not to be mistaken with the depth sizing accuracy, which is a value defined by the operator of the tool and which is usually stated in the defect specification sheet. An important aspect in depth sizing accuracy is to consider whether a measurement technique provides quantitative depth measurement characteristics or qualitative ones. Ultrasound is an example of a quantitative wall thickness measurement technique. Wall thickness, and in the case of metal loss, remaining wall thickness, can be measured directly in mm. The accuracy is determined by the hardware capabilities of the tool, e.g. sensor design, electronics.

Resolution relates to the quality of the measurement. The better the resolution an inspection tool can achieve the greater its ability to precisely measure the depth contour of a given flaw or defect.

The issue of resolution and its effect on integrity assessment is discussed in more detail in [6].

7 A Word on Localized Metal Loss and Pitting Corrosion

Regarding the depth sizing accuracy of ultrasound tools, it is also important to understand that an average value of wall thickness is determined regarding the time of flight (i.e. time taken until an emitted ultrasonic signal returns to the transducer) for all reflections received for a given sensor covering a specific area. A transducer with an emitting diameter of 10 mm will cover a greater area than, say, a 6 mm sensor. The true actual area covered will further depend on whether the transducers used are focused or not, see figure 8.

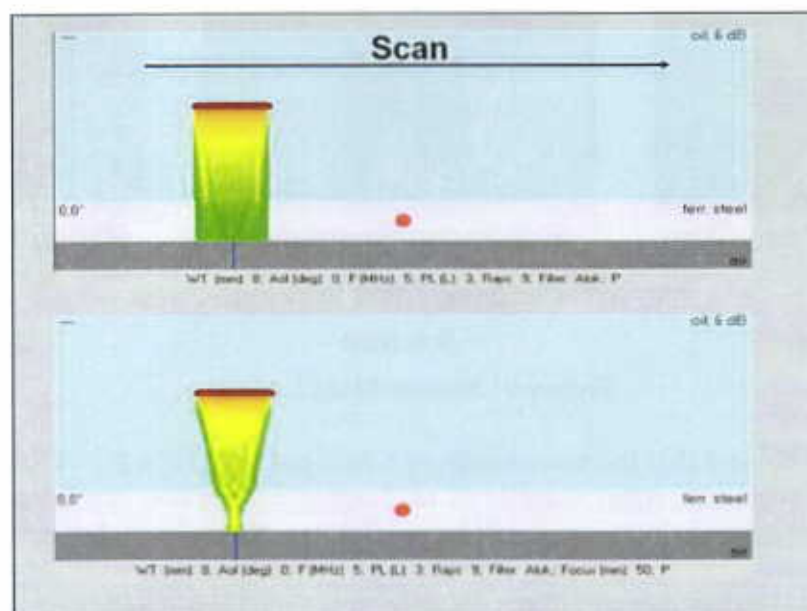


Figure 8: Unfocused vs. focused ultrasonic transducer

The upper figure shows how the cylindrical beam of acoustic energy covers a much wider area of the pipe wall than the focused probe in the lower figure.

The geometries and specifications of the ultrasonic transducers used in the industry determine the minimum defect specifications attainable. Typical industry values for the detection of

metal loss features start from a feature diameter of 10 mm and depth sizing capabilities starting from feature diameters of 20 mm. These values were the reason why ultrasonic tools were considered less suitable for pitting inspection compared to magnetic flux leakage tools for a long time.

Today, modern configurations of ultrasonic in-line inspection tools are available which can achieve detection thresholds for metal loss starting from a surface diameter of 5 mm, with full depth sizing capabilities starting from 10 mm surface diameter. The advantage over magnetic flux leakage is that these new configurations of tools provide quantitative sizing for the depth of pitting corrosion and the remaining wall.

These configurations make use of a closer sensor spacing in the circumferential direction of the pipe and higher pulse repetition frequencies enhancing the axial resolution, resulting in a more highly resolving grid.

Due to the optimized sensor carrier design used for pitting inspection, the circumferential spacing of the sensors was decreased to 3.7 mm for the tool considered here. The axial sampling can be increased from 3 mm to 1.5 mm (i.e. one reading taken every 1.5 mm along the pipe axis) or even to 0.75 mm.

Figure 9 shows as an example the various UT sensor plate layouts for standard high resolution, enhanced resolution and pitting resolution.

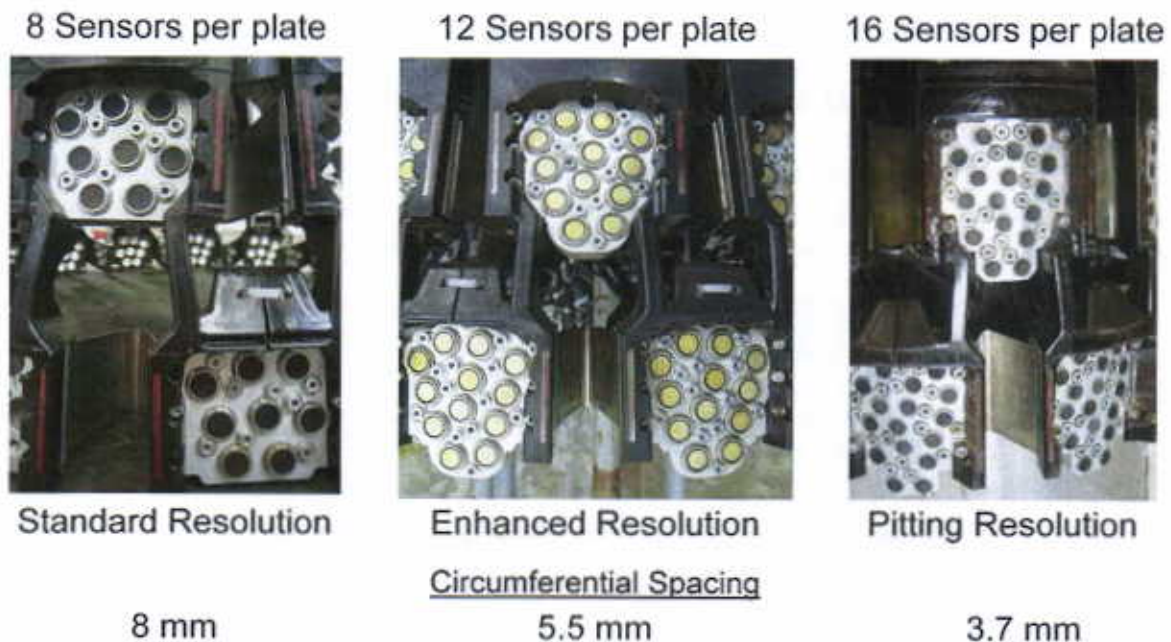


Figure 9: Sensor Plate Layout

In general it can be said that the more readings a tool can take for a given area inspected, the better. If only a relatively small number of readings (i.e. samples) can be taken for a given area, the effect of any spurious signal will be much larger than if a higher number of readings can be obtained.

Increasing the resolution will of course result in a higher total number of sensors used and therefore number of electronic channels the in-line inspection tool needs to provide, in order to secure full circumferential coverage of the pipe surface. The great advantage is that such a "pitting"-resolution tool provides reliable detection and sizing of local metal loss, such as pitting corrosion, with the precision and confidence level of an ultrasound tool.

Table 3 provides a rough guide regarding the capabilities of different tool types available regarding the detection and sizing of localized metal loss and pitting corrosion.

According to the POF Standard [7], the geometrical parameters of anomalies are length "L", width "W", depth "d" and reference wall thickness "t". The parameter A is used for the geometrical classification of the anomalies detected by a tool. This parameter is needed for pipes with $t < 10$ mm. The geometrical parameter A is linked to the NDE methods in the following manner:

- If $t < 10$ mm then $A = 10$ mm
- If $t \geq 10$ mm then $A = t$

Table 3: Detection and sizing capabilities regarding localized metal loss (pitting) for different in-line inspection tool types.

	High Resolution MFL ¹	MFL & UT combination tools ²	High Resolution UT ³	Pitting Configuration UT ⁴
Feature surface dimension: 10 mm by 10 mm; wall thickness (t): 10 mm				
detection only	x	x	x	x
depth sizing				x
quantitative wall thickness measurement		x	x	x
Feature surface dimension: 10 mm by 10 mm, wall thickness (t): 20 mm				
detection only		x	x	x
depth sizing				x
quantitative wall thickness measurement			x	x

* definition according to POF.

Pitting is defined in said document as a feature having a surface area of less than $2A \times 2A$. A feature as small as $0.5A \times 0.5A$ is termed as a "pin hole" type feature. Applying these defect specifications means that the new generation of ultrasound tools with pitting configuration can offer detection and sizing capabilities for pitting and pin hole type features.

8 Special Configurations

8.1 Combining Metal Loss and Crack Inspection

In the past, metal loss and crack inspections had to be performed completely separate of each other. Mainly due to developments in electronics and the ability to incorporate more and more recording channels, it is now possible to combine both these inspection tasks. The major advantages are that both inspections missions can be carried out in a single tool run, with considerable savings regarding all operational aspects of an in-line inspection, e.g. only one

¹ Typical minimum defect specification reported in industry for magnetic flux tools is $t \times t$, detection only; depth sizing starting from $2t \times 2t$.

² combines high resolution MFL and UT.

³ Typical minimum defect specification reported in industry for ultrasonic high resolution is $20 \text{ mm} \times 20 \text{ mm}$ for depth sizing and $10 \times 10 \text{ mm}$ for detection only.

⁴ Typical minimum defect specification reported in industry for ultrasonic pitting corrosion tools is $10 \text{ mm} \times 10 \text{ mm}$ for depth sizing and $5 \text{ mm} \times 5 \text{ mm}$ for detection only.

cleaning program instead of two, one run of the inspection tool, metal loss and crack data can be correlated with high precision.

Figure 10a shows one of the sensor plates used by such a tool combining transducers arranged at right angles at the wall to be inspected as well transducers fixed at an angle to the wall, resulting in the ultrasonic signal travelling under a 45° angle within the pipe wall.

Figure 10b shows the launch of a 40" tool combining metal loss and crack inspection. Further information can be found in [8,9].



Figure 10: a. sensor plate, b. 40" tool prior to launching

8.2 Multi-Technology Tool for the Quantitative Wall Thickness Measurement in Gas Pipelines

Gas pipelines are traditionally inspected with MFL tools. The major advantages of ultrasonic tools, namely the ability to perform precise quantitative wall thickness inspections, recording the true river bottom profile - contour of an anomaly - being able to detect and size mid-wall anomalies in addition to internal and external ones and the ability to detect hydrogen induced cracking could only be made use of, if the tool is run in a suitable liquid batch. For operational reasons, as well as cost reasons, this is often not feasible.

The need for a liquid batch can however be overcome by using an alternative method to induce the ultrasonic signal into the pipe wall. As shown earlier in this paper, this can be achieved by utilizing electro-magnetic acoustic transducers (EMAT). Figure 11 shows a multi-technology tool utilizing EMAT as well as magnetic flux leakage and eddy current technologies to provide the precision and accuracy of ultrasound for gas pipelines.

The reason for utilizing additional non destructive technologies is a limitation of EMAT based on its working principle. As the ultrasound wave is generated at the surface of the pipe wall to be inspected, the distance between the transducer and the internal surface cannot be measured. This implies that internal corrosion cannot be sized. This is overcome by using eddy current technology which is very sensitive for detecting and sizing internal flaws, or rather near bound flaws.



Figure 11: Launch of multi-technology tool in a 42" gas pipeline

The runs performed so far have proven the concept of the tool and delivered good quality data. The use of different non-destructive testing technologies, each enhancing and extending the detection and sizing capabilities of the tool, have led to increased values regarding probability of detection and confidence levels for sizing and feature identification, as opposed to magnetic flux leakage tools commonly used for the inspection of gas pipelines. Figure 12 shows one example of a feature found in the vicinity of a girth weld.

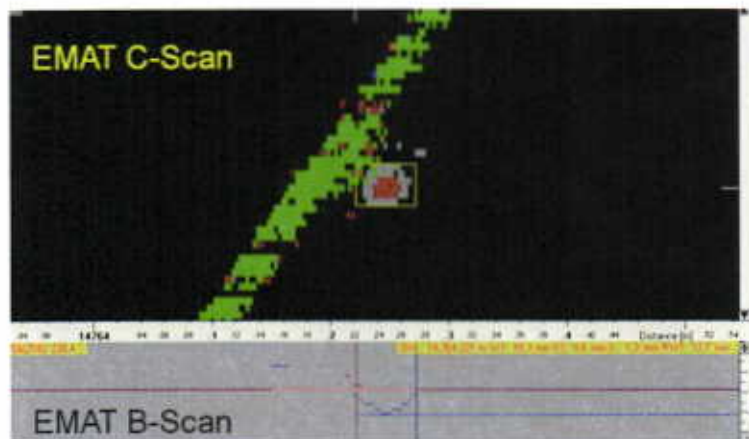


Figure 12: Feature identified and sized close to the spiral weld in a gas pipeline

8.3 Special Tool Configuration for Liquid Lines with High Wax Content

Offshore crude oil lines often have high contents of wax being present, deposited on the pipe wall or transported with the flow. The presence of this wax can seriously affect the performance of a chosen in-line inspection tool and lead to a dramatic deterioration of the quality of the inspection data, thus endangering the purpose of the inspection and leading to waste of time and money. Significant amounts of wax or paraffin deposits can still be in a line, even after lengthy and careful cleaning. Issues such as the pour point can lead to wax falling out of the oil, immediately after a cleaning run, making it next to impossible to achieve a completely clean wall prior to launching an intelligent inspection tool.

Based on the analysis of available data regarding previous tool performance, operational parameters and procedures, a tool modification program was initiated by a large offshore operator to design a special ultrasonic tool configuration, optimized for the inspection in a heavy wax environment.



Figure 13: Wax built up on sensor carrier

The major issues which had to be addressed from the tool design side were the sensor carrier and the odometer wheels. Fig. 13 shows a sensor carrier being clogged up by wax. Here the ultrasonic signal would disperse resulting in echo loss.

Fig. 14 shows the modified sensor carrier after the run in a heavy wax line. As can be seen the modifications led to the tool coming out in a much "cleaner" state, ensuring that the sensors were able to pick up good quality signals.



Figure 14: Modified sensor carrier; clean after run in high wax content line

The odometer information is of critical importance in order to locate and length size any anomaly found. In a heavy wax environment the odometer can slip, leading to erroneous information. Again after special modifications to the wheel, slippage could be reduced to a tolerable amount. Further information can be found in [10].

8.4 Detection and Sizing of Localized Corrosion and Pitting

8.4.1 Local Corrosion: Detecting and Identifying the Deepest Point

Figure 15a shows a screenshot of a localized corrosion feature (surface diameter less than 20 mm) detected with a specially configured ultrasonic tool using a 5.5 mm circumferential sensor spacing. The metal loss was clearly detected and sized. The B-Scan of the ultrasonic

data shows a corrosion feature with a maximum depth of 9 mm. Figure 15b shows the same feature detected and sized with a tool using a standard industry configuration. The depth sizing delivered a value of 4.6 mm. Both configurations have performed to within their specifications, but show the effect of sensor spacing with regard to the detection and sizing of small area metal loss. Even smaller features will be detected and sized reliably with a tool using a pitting configuration and a 3.7 mm circumferential spacing.

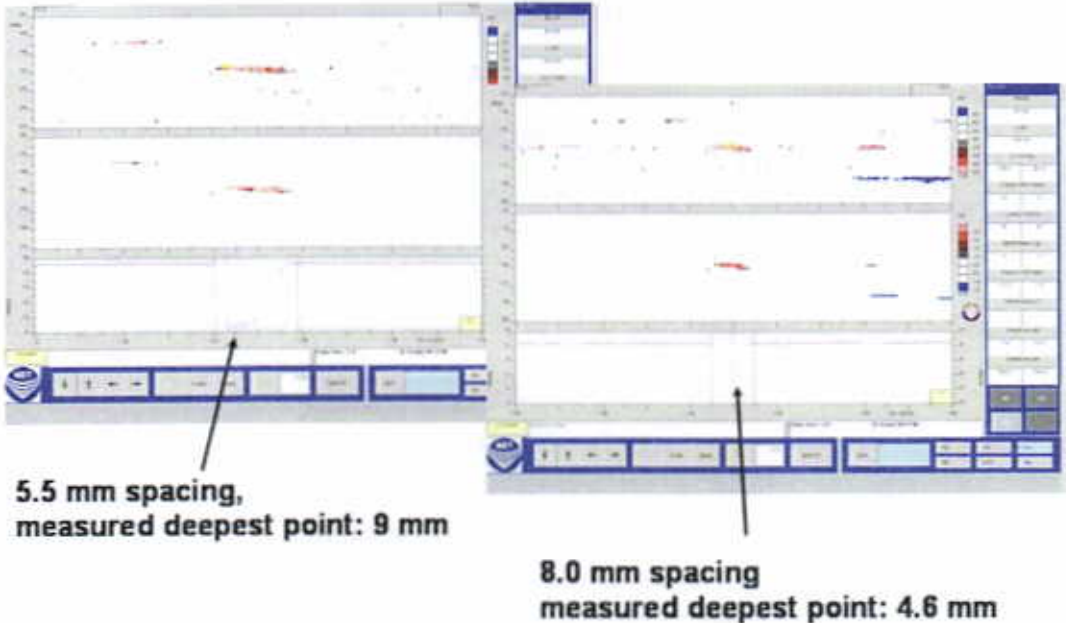


Figure 15a,b: Improved depth sizing capability for localized metal loss and pitting corrosion with a surface area of less than 20 mm by 20 mm

This screenshot nicely shows the importance of resolution with the regard to the sizing of localized metal loss, such as pitting corrosion.

8.4.2 Localized Corrosion in Girth Weld

Figures 16a shows the screenshot of the data obtained for a 12" product pipeline with a wall thickness range from approximately 6 to 8 mm. The inspection identified a localized metal loss feature within the girth weld zone. The detection and sizing of this type of flaw requires a pitting resolution or at least an enhanced resolution above the normal industry standard. For this inspection the axial resolution of the tool was set to 1.5 mm (i.e. 1 reading taken by each sensor every 1.5 mm in the axial direction) and approximately 4 mm for the circumferential resolution. Figure 16b shows a photograph of the feature, after the feature had been verified and the pipe had been excavated. The dimensions of the feature found were 15 x 56 mm.

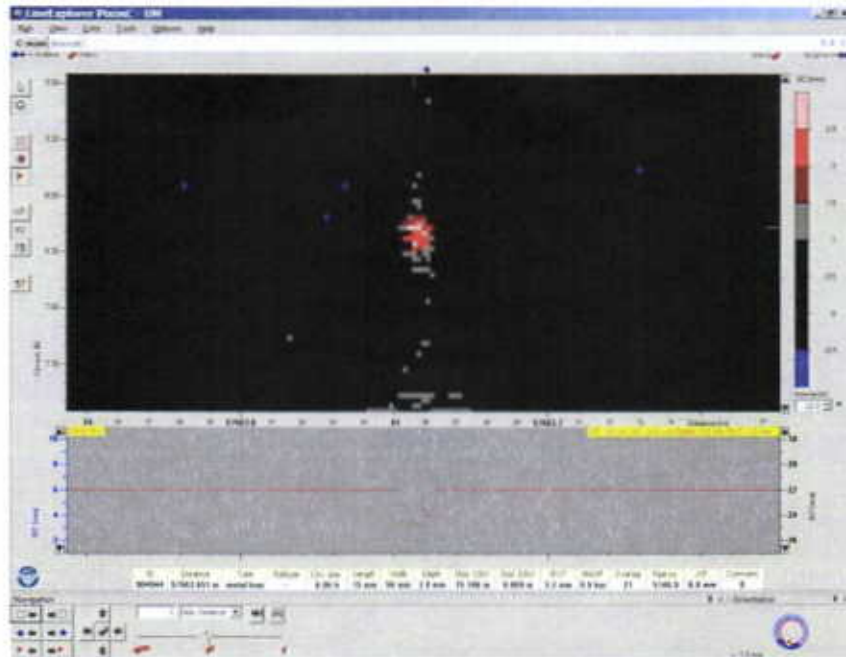


Figure 16a: Screenshot of inspection data for localized metal loss feature in girth weld



Figure 16b: Localized metal loss feature in girth weld

9 Effect on Integrity Assessment

As more refined integrity assessment codes are being used, the resolution and accuracy of tools play an ever increasing role. High resolution magnetic flux leakage tools usually report metal loss features found with an accuracy of $\pm 10\%$ of wall thickness and a confidence level of 80%. The industry standard for ultrasound tools is approximately ± 0.5 mm with a confidence level of 90%, and latest generation ultrasonic pitting detection tools offer the same accuracy and confidence level for localized metal loss.

Accuracies also strongly influence the results obtained regarding the estimation of corrosion growth based on consecutive in-line inspection runs. Anticipated corrosion growth and the

definition of safe inspection intervals will be influenced by the accuracy of the inspection measurements. It can be stated that a larger error in measurement will result in a more conservative assessment of a given metal loss feature and its associated maximum allowable operating pressure (MAOP). More features will be identified to be outside the safe region of the failure assessment curve. Resulting verification costs, e.g. potential costs for excavating the line and performing external inspections may be significantly higher.

Larger measurement errors will also lead to the need for more inspections and shorter inspection intervals. The additional costs that this conservatism may cause should be taken into account when the direct inspection costs of different tool technologies are evaluated.

Figure 17 shows the effect the error band (accuracy) has on integrity assessment investigations.

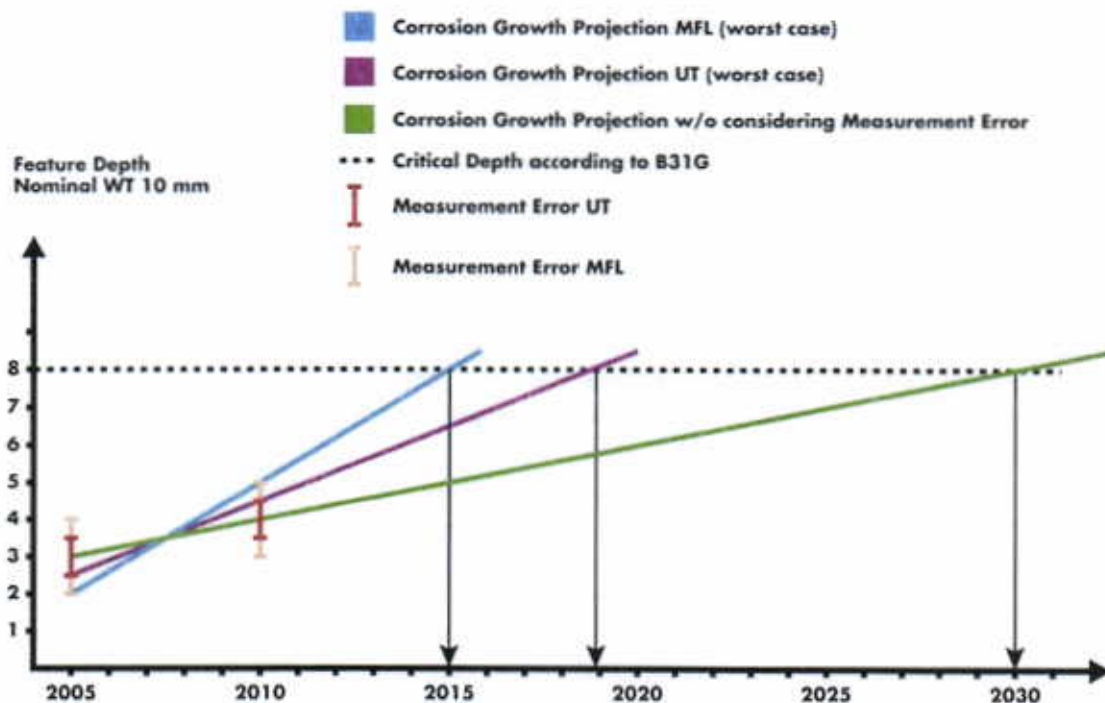


Figure 17: Effect of accuracy on integrity assessment

The figure gives an indication of how long a pipeline can be operated in the presence of a corrosion flaw that is growing. The anticipated corrosion rate is calculated based on consecutive in-line inspection measurement assumed to be taken in 2005 and 2010 in this example. The y-axis shows the measured depth of the metal loss, the time axis being shown in the x-direction. In 2005 this depth was 3 mm.

A second measurement in 2010 in this example provides a depth reading by the tool used of 4 mm. In order to use these results for a corrosion growth assessment, the error bands of the tool technologies used have to be taken into account, and a worst case scenario has to be considered. This means the greatest likely corrosion growth must be assumed. This scenario would imply that the corrosion depth measured first takes on a least value, i.e. the depth is oversized by the tool. The second depth measurement taken after 5 years however underestimates the real corrosion depth.

An ultrasonic tool has a measurement error (or reporting accuracy) of ± 0.5 mm, a MFL tool of 10% of wall thickness, i.e. ± 1 mm for the 10 mm wall considered here.

Taking these accuracies and applying the worst case scenario provides the blue and magenta lines. These show how the calculated corrosion growth can be projected into the future. The

blue line - representing the MFL tool - intercepts the 80% wall loss failure criterion of B31G in the year 2015, the magenta line - representing the UT tool - roughly 4 years later in 2019. This schematically shows the conservatism in the MFL results, due to the higher error band. Re-inspection intervals based on this assessment would therefore have to be shorter for MFL tools than for UT tools. The green line shows the "life" of the pipeline based on the B31G failure criterion (metal loss must not exceed 80% of wall thickness) if no measurement errors are taken into account.

10 Conclusions and Outlook

In-line inspection tools provide important data regarding the flaws and anomalies detected in a pipeline wall. This data, comprising of geometric information regarding the length, width, depth and location of flaws and anomalies are critical input for integrity assessment and subsequent effective planning of repair and rehabilitation measures.

Modern integrity assessment codes benefit from higher levels of inspection data quality, especially with regard to accuracy and resolution. Ultrasonic in-line inspection tools provide these accuracies and confidence levels as well as quantitative measurement capabilities, allowing for a less conservative assessment.

Latest generation ultrasonic tools with special pitting configurations widen the scope of inspection of ultrasonic tools and provide detection and accurate sizing capabilities for these small metal loss and corrosion features and are ideally suited for the future requirements regarding integrity assessment, fitness-for-purpose and corrosion growth studies.

A large variety of special tool configurations is available, each specifically optimized to meet the inspection requirements of the pipeline industry.

In the future we will see a trend of combining inspection tasks. At this moment in time there are two types of combined tools: firstly so called Combo tools which make use of different technologies in order to perform different tasks at the same time. Secondly, so called Multi-Technology tools. Here different technologies are utilized in order to enhance and optimize one specific inspection task. An example for the former would be a tool combining geometry and metal loss inspection, an example for the latter is the combination of different technologies, as described in paragraph 7.2. in order to optimize corrosion inspection and wall thickness measurement capabilities. As electronics become more and more powerful, one trend we will see is combo-tools and multi-technology tools will grow together forming a new generation of tools which will offer combined inspection missions with optimized tool performance and defect specification.

References

1. Specifications and requirements for intelligent pig inspection of pipelines, Pipeline Operator Forum, Shell International Exploration and Production B.V., EPT-OM 1998
2. Recommended Practice RP-F101, Corroded Pipelines, 1999, DetNorskeVeritas
3. In-Line Nondestructive Inspection of Pipelines, prepared by NACE International Task Group 039, NACE International Publication 35100, NACE International, 2001
4. Pipeline Pigging & Integrity Technology, 3rd edition, Editor John Tiratsoo, Scientific Surveys and Clarion, 2003
5. O.A. Barbian, B. Grohs and R. Licht, "Signalanhebung durch Entstörung von Laufzeitmesswerten aus Ultraschallprüfungen von ferritischen und austenitischen Werkstoffen - ALOK 1 (Signal Enhancement by Filtering of Time-of-Flight Data from Ultrasonic Inspections of Ferritic and Austenitic Materials - ALOK 1), Materialprüfung 23, 379-383, 1981.

6. Barbian, A., Beller, M., Hugger A., Jäger, C., Pfanger, A., "Threshold, Accuracies, and Resolution, Proceedings of the Pipeline Pigging and integrity Conference 2010, Houston, Clarion, 2010
7. Pipeline Operator Forum, Specifications and requirements for intelligent pig inspection of pipelines, Version 3.2, January 2005
8. Beller, M., Barbian, A., Uzelac, N., "Combined Quantitative In-Line Inspection of Pipelines for Metal Loss and Cracks", Proceedings of IPC2006: International Pipeline Conference September 25-29, 2006, Calgary, Canada, 2006
9. Vogel, R., Dyck, R., Lalonde, G., Pollard, L., Yates, R., Beller, M., " Combined Metal Loss And Crack Inspection Of A Gas Pipeline Utilizing Ultrasound Technology", Proceedings of the Pipeline Pigging and integrity Conference 2007, Houston, Clarion, 2007
10. Hunsbedt, R., Jung, T., Georgson, M., Tordal, A., Martinsen, K., "Experiences with ultrasound in wax rich pipelines", Pipeline Pigging Seminar, Pigging Products & Services Association, Aberdeen, UK, 2010

Study of pipelines that ruptured while operating at a hoop stress below 30 % SMYS

THIS PAPER WILL provide data of pressure related ruptures due to interacting threats on pipelines that were operating below 30% SMYS. Specifically the paper will focus on pipelines that ruptured while operating less than 20% SMYS and the broader discussion will consider areas of technology that the integrity assessment industry may want to focus on to address issues that may affect local distribution companies more than interstate natural gas operators. The paper will also discuss the types of interaction that caused the ruptures and provide a high level decision tree that will allow an operator to begin to address how to model their system to determine if they may have these same threat combinations.

THE AUTHORS WERE aware of several ruptures that occurred at low to moderate stress levels within the previous 5 years. This awareness prompted a review of the Pipeline and Hazardous Material Safety Administration (PHMSA) database for gas transmission, gas distribution, and hazardous liquid transmission pipeline reportable incidents, and also of a database of over 750 examinations of pipeline service failures, hydrostatic test failures, burst tests, and other material investigations conducted by Kiefner & Associates, Inc. (Kiefner) since 1990.

Each case identified in the Kiefner database was checked against the PHMSA reportable incident database¹ for hazardous liquids, gas transmission, and gas distribution going back to 1986. Many are not listed in the PHMSA incident data, in some cases for appropriate reasons. Many incidents occurred in gathering lines and might not have been reportable at the time. Hydrotests or lab burst tests are not reportable incidents. One service failure occurred in Mexico, also not reportable. In some cases it is not clear why they are not listed in the PHMSA incident data. In general the data shows that:

- The rate of occurrence of ruptures at low stress is under-represented in the PHMSA reportable incident database
- The reportable incident database does not provide data and incident investigation material that is accessible or visible enough to be used to see paradigm breaking trends that could identify new threats or interacting threats.
- Ruptures at low stress, except perhaps for burnt metal conditions in lap welded pipe, usually have contributing factors

Specifically, the analysis of the Kiefner data showed there were 7 pipeline ruptures that occurred in service while operating at a pressure below 20% Specified Minimum Yield Stress (SMYS), of which 5 were associated with select seam weld corrosion of electric resistance welded pipe (ERW) and, of those, 4 were low frequency ERW and 1 was a high frequency ERW. These incidents will be discussed in greater detail in this paper. It is not the intent of the authors to suggest that a low-stress rupture is a highly likely event, however it appears that the likelihood is not so low where certain conditions could be present that they do not need to be considered in an operator's distribution integrity management program (DIMP) or transmission integrity management plan (TIMP). This paper will provide a high level decision tree that will allow an operator to contemplate how to model their system to determine if they may have applicable integrity threat conditions.

¹ <http://www.phmsa.dot.gov/pipeline/library/data-stats>

Introduction

It is conventional wisdom that pipelines operating at a sufficiently low hoop stress, e.g. below 30% of SMYS or perhaps below 20% of SMYS, are immune to failing in a rupture mode and can only fail in a leak mode². This perceived lower degree of criticality is reflected in many practices or standards including but not limited to:

- Historically, no specific defect acceptance criteria or restrictions on repair methods in B31.8³ and Part 192 for pipelines operating at low hoop stresses;
- No fracture control requirements in B31.8;
- Relaxed requirements on girth weld procedure qualification, welder qualification, and girth welding quality in ASME B31.8 and 49 CFR 192 ("Part 192") for pipe operating at hoop stress less than 20% of SMYS.

It is noted that because of the perception that pipelines operating at low or moderate hoop stresses can only fail as a leak, and the reasonable understanding that the consequences of a leak are less severe than those from a rupture, approaches to modeling risk implemented by pipeline operators may de-emphasize risk in pipelines operating at low or moderate hoop stresses.

Theoretical factors

Figure 1 depicts the relationship between defect size and failure stress level for a generic 16-inch OD x 0.250-inch WT Grade X52 line pipe, as predicted by a proven fracture mechanics criterion⁴. A 16-inch OD, X52 pipe is representative of pipe in common usage in all three major pipeline service sectors (gas transmission, gas distribution, and liquid transmission). The defect is longitudinally oriented and conceptually may arise due to several possible causes such as corrosion, a manufacturing defect in the seam, mechanical damage, or environmental cracking. A "critical defect" is one that would fail at an operating stress level. The assumed material toughness is 25 ft-lb absorbed energy in a Charpy V-notch (CVN) impact test, which is generally achievable in steel pipe produced by broad range pipe-making practices, manufacturers, and vintages applicable to this size and grade of pipe. The vertical axis is the ratio of failure stress to SMYS, where a ratio of 1.0 represents failure at 100% SMYS. The various curves represent differing depths of surface defect, e.g. depth/thickness (d/t) of 10% for the topmost curve ranging to d/t of 90% for the bottom curve. The chart shows that the failure stress in the pipe decreases with increasing depth and/or increasing length. A dashed line flanked by the labels "Rupture" and "Leak" represent the boundary between the rupture or leak failure modes. Three horizontal lines identify operating hoop stress levels of 72% SMYS, 50% SMYS, and 30% SMYS. These represent notional boundaries between pipelines considered to operate at low stress (below 30% SMYS), pipelines considered to operate at moderate stress (between 30% and 50% SMYS), and pipelines considered to operate at high stress (greater than 50% SMYS)⁵.

² Definitions for the terms "leak" or "rupture" vary. We have defined a "leak" as a release from a stable through-wall defect, and a "rupture" as a release where the defect extended under the influence of the applied stress after becoming through-wall.

³ Through the 1999 Edition, B31.8 defect evaluation and repair requirements applied only to pipelines operating at hoop stress of 40% of SMYS or greater. The hoop stress threshold was reduced to 30% of SMYS in the 2003 Edition, and eliminated completely (making the requirements applicable at all hoop stress levels) with the 2010 Edition.

⁴ Kiefner, J.F., "Defect Assessment – 1: Modified Equation Aids Integrity Management" and "Defect Assessment – Conclusion: Modified Ln-Sec Equation Improves Failure Prediction", Oil & Gas Journal, October 6 and October 13, 2008.

⁵ Regulatory definitions may differ from these divisions and nomenclatures.

Figure 1 illustrates several important concepts that are consistent with industry experience. First, there is no single unique critical defect size at a given operating stress level; rather, critical defect sizes range from short-but-deep to long-but-shallow. Second, pipe operating at lower stress can tolerate larger (i.e., longer and/or deeper) defects than pipe operating at higher stresses. Third, combinations of defect depth, defect length, and hoop stress that lie to the left of the leak-rupture boundary would fail as a leak, while those that lie to the right of the line would fail as a rupture. These observations lead to the reasonable conclusion that if a failure occurs in a low-stress pipeline having even modest levels of toughness, the failure is much more likely to occur as a leak than as a rupture.

Figure 2 shows the leak-rupture boundary for the same 16-inch OD pipe but with differing CVN toughness levels ranging from 1 ft-lb to 50 ft-lb. The curve corresponding to 25 ft-lb is identical to the dashed leak-rupture boundary line in Figure 1. Figure 2 shows that the leak-rupture boundary is not very sensitive to CVN toughness even down to 5 ft-lb, which is quite low. However, when toughness levels are on the order of 1 ft-lb, even relatively short defects can rupture at less than the highest stress levels. A toughness of 1 ft-lb, or even less, is representative of the bond line of ERW seams that have not been normalized by a post-weld heat-treatment⁶ even if the pipe body material exhibits normal toughness.

Figure 1 and Figure 2 can be interpreted together to recognize that there can exist situations in which a pipeline operating at low or moderate hoop stress can fail in a rupture mode, namely: (a) where a defect is both long and deep even where the material is ductile, or (b) where a defect is not so large but the material toughness is extremely low. Moreover, as will be shown below, these situations are not merely theoretical: such incidents have occurred and, though they are not frequent they are also not rare. This could be important to operators of pipelines that exhibit relevant attributes or conditions.

Review of actual ruptures at low or moderate stress levels

Data review

The authors were aware of several ruptures that occurred in service at low to moderate stress levels within the previous 5 years. This awareness prompted a review of the PHMSA database for gas transmission, gas distribution, and hazardous liquid transmission pipeline reportable incidents, and also of a database of over 750 examinations of pipeline service failures, hydrostatic test failures, laboratory burst tests, and other material investigations conducted by Kiefner & Associates, Inc. (Kiefner) since 1990.

The data review identified 49 pressure-controlled ruptures⁷ that occurred at hoop stress levels less than 50% of actual yield strength (YS). The details of these instances are listed in Table A1 and Table A2, which appear in an Appendix at the end of this paper due to their size. Table A1 lists the pipe sizes, pipe manufacturing method, vintage, grade, stress level, service category, and whether the failure occurred in service or during testing. Table A2 describes the causes identified by metallurgical

⁶ Post-weld heat-treatment of the ERW seam to eliminate hard microstructures was not required by API 5LX prior to the 14th Edition in 1967.

⁷ The term "pressure-controlled rupture" refers to a longitudinal fracture that became unstable after extending through the pipe wall, where the crack driving force was the stress due to internal pressure due to normal service, abnormal service (i.e., a surge, a shut-in, or fluid thermal expansion), a hydrostatic pressure test in the field, or a burst test.

examination and, where the incident was reported to PHMSA, the reported causes. The ruptures that occurred between 20% YS and 30% YS are highlighted in blue; those that occurred below 20% YS are highlighted in pink. The analysis of these incidents presented below is based on the data contained in the tables.

Additionally to the 49 pressure-controlled ruptures, 7 separations due to externally-applied axial loadings⁸ were identified, listed in Tables A1 and A2 below the heavy triple line. Most but not all of those were associated with girth welds. Separations that result in a crack extending partway around the pipe circumference generally are considered "leaks" and were not counted. Only separations that extended fully around the circumference or that resulted in a full-bore opening were included. The statistical evaluations below only included the 49 pressure-controlled incidents, but it may be worth keeping in mind that from the public's standpoint following an incident, the distinction between pressure-controlled and external loading-controlled causes is irrelevant.

The actual YS tended to exceed SMYS, as shown in Figure 3. Many ruptures that occurred at high stress levels relative to SMYS (e.g., greater than 50% SMYS) occurred at only moderate stress levels relative to actual YS (30% YS), and many that occurred at moderate stress levels relative to SMYS (e.g., greater than 30% SMYS) actually occurred at low stress levels relative to actual YS (e.g., 20% YS). The results were evaluated in terms of actual YS because materials do not behave in accordance with specified properties.

Figure 4 shows the distribution of occurrences by ranges of actual YS. The majority occurred at hoop stress levels between 20% and 45% of actual YS. However, ruptures also occurred at extremely low hoop stresses. The conditions that led to the low-stress ruptures will be discussed subsequently.

The 49 pressure-controlled ruptures below 50% YS occurred in pipe having known year of manufacture ranging from 1905 to 2006. They occurred in all common varieties of pipe including: butt welded (1), lap welded (17), seamless (3), flash welded (2), low-frequency ERW (10), high-frequency ERW (8), single-sided arc welded⁹ (3), and double submerged-arc welded (5). The specified material grades included iron and all common steel pipe grades up to and including API 5L X60. (The specified grade of some subject pipes was not known with certainty. In a few cases, knowledge of the contemporaneous material specifications and the observed material characteristics led to an informed assumption.)

The 49 pressure-controlled ruptures consisted of 29 service breaks, 18 test breaks, and 2 failures during freeze plugging operations¹⁰. The number of occurrences in each category of conditions is shown in Figure 5. Service failures tended to occur at lower stresses than pressure test failures.

Figure 6 presents the distribution of occurrences in terms of failure stress level versus year of manufacture, for each type of pipe. There is no apparent pattern with age of the pipe. Figure 7 shows the distribution of low-stress ruptures by stress range for certain types of pipe.

The table below breaks down the number of occurred incidents below certain stress thresholds by type of pipe:

⁸ External loadings typically involved soil movement phenomena, although thermal stress was a factor in one.

⁹ This category consisted of 2 cases where the weld was produced using submerged-arc welding and 1 case where the weld was produced using shielded-metal-arc welding (that one by A.O. Smith).

¹⁰ Freeze plugging is a procedure whereby a temporary stopple is created by freezing a slug of water or other fluid inside the pipeline for testing or maintenance purposes. The pipe and fluid are chilled by circulating liquid nitrogen in an insulated jacket. Freeze plugging is widely practiced on pipelines and other industrial piping systems.

Pipe type	< 50% YS	< 30% YS	< 20% YS	< 10% YS
LF-ERW	10	9	4	3
HF-ERW	8	3	2	1
Lap welded	17	8	1	0
All others*	12	0	0	0

* Freeze plugging incidents omitted.

The freeze-plugging incidents occurred at very low stresses but were not the lowest-stress pressure-controlled ruptures. Also, the freeze-plugging incidents account for the only incidents in DSAW pipe (Case 6) and seamless pipe (Case 46) that occurred at stresses below 20% YS. The very low temperature associated with freeze plugging would embrittle almost any carbon steel material, and is unrepresentative of normal pipeline operating conditions. Incidents that occurred during freeze plugging operations were omitted from the subsequent analysis.

The lowest-stress failures did not occur preferentially in the varieties of pipe associated with what are generally thought of as having the most inferior material (iron) or the most inferior seam-forming process (butt welded and lap welded seams). LF-ERW pipe is seen to have experienced more occurrences of low-stress failures than other varieties of pipe. This reflects particular physical attributes of older vintages of ERW pipe as well as the larger quantity of ERW pipe in service.

The moderate-stress and low-stress failures occurred in pipelines transporting all typical service commodities, as shown in Figure 8. While more incidents occurred in liquid pipelines, the concern is not strictly limited to liquids. The numbers of service failures are similar between natural gas and liquid commodities.

Implications for integrity management planning

Causes of incidents

Table A1 lists the causes of the 49 pressure-controlled failures and the 7 external loading-caused ruptures. The primary cause and contributing factors were established by metallurgical examination and testing at the Kiefner Materials Test Lab.

The data indicate that the incidents of pressure-controlled ruptures at low stresses were substantially dominated by those in ERW seams and a majority of those cases were associated with selective seam weld corrosion. Selective corrosion poses a serious integrity threat to systems containing susceptible pipe for the following reasons:

- Even if the pipeline is "piggable", selective corrosion of the ERW seam is not reliably detected using conventional MFL tools (although it is detectable by transverse field and EMAT type MFL tools);
- Selective corrosion grows in service at a faster rate than adjacent pitting corrosion;
- Selective produces a notch-like defect (post manufacturing or fabrication and therefore not eliminated when the pipe was pressure tested at the mill or as part of the commissioning process) that is focused on the bond line of the ERW seam which may have very low toughness in some LF-ERW pipe;
- Where the material toughness is very low, the defect cannot be reliably evaluated using methods commonly used to evaluate the remaining strength of corroded pipelines, such as ASME B31G or RSTRENG¹¹;

¹¹ Kiefner, J.F., Vieth, P.H., and Roytman, I., "Continued Validation of RSTRENG", Project PR 218-9304, American Gas Association, Dec. 22, 1989.

- Due to the factors listed above, shorter reassessment intervals than are common with ordinary metal-loss corrosion may be necessary.

Interaction of threats

The low-stress failures in the seams of LF-ERW pipe clearly result from an interaction between vintage pipe characteristics, a specific corrosion mechanism, and a detection difficulty, representing a classic and acute interaction of integrity threats. The data also demonstrated that even HF-ERW pipe is susceptible to selective corrosion. The ductility of the HF-ERW seam will enable HF-ERW pipe to tolerate much larger defects than some LF-ERW pipe, but if the defect is large enough then a failure at low stress is clearly possible. This is consistent with the theoretical results presented in Figure 1. With the selective corrosion incidents involving HF-ERW pipe, the corrosion was internal. This also represents an interaction of integrity threats: internal corrosion, a material susceptibility, and a limited ability to detect the condition. It may be possible to conclude that a large number of the ruptures that occurred at moderate or low stresses represent interacting integrity threats. Even where only a single metallurgical cause was identified, previously damaged pipe for example, an interacting factor could be cited as the operator's inability to detect the condition (perhaps because the pipeline is not piggable).

Limitations of available data

Table A2 indicates whether the incident was reported in PHMSA's databases for natural gas transmission, gas distribution, or hazardous liquid transmission pipeline incidents. Not all incidents were reported, and many of those were clearly not required to have been reported¹². (We also cannot rule out the possibility that some should have been reported but were not.) Where they were reported, there often was little correspondence between the cause established by thorough examination and testing of the material, and the reported cause¹³. As a result, the database provides inadequate guidance for estimating the probability of ruptures at moderate to low stresses or for recognizing the circumstances where such ruptures are possible.

Sometimes during the investigation of a pipeline incident, PHMSA requires an operator to hire a third-party expert to perform the forensic engineering investigation for PHMSA's review and inclusion with their investigation. During the research used to write this paper it was discovered that in order for the public to access such a report one must request it from PHMSA through the Freedom of Information Act (FOIA), or request it in writing from a state pipeline safety regulator. Important information that pipeline operators may need to learn from other pipeline operators' experiences for the purpose of strengthening their integrity management programs is not readily visible.

Recommendations

It is suggested that the issues referenced above could be significantly mitigated if the following actions were taken:

¹² Non-reportable failures include those in the following situations: hydrostatic field tests, lab burst tests, freeze plug operations that do not cause a release of hazardous product (i.e. something other than water), mineral slurries in water, gathering lines or low-stress pipelines not within the scope of Federal regulations at the time of failure, and occurrences outside the US.

¹³ The operator must report an incident very soon after it occurs, often before the precise cause has been established. A metallurgical failure investigation can take several weeks or longer to complete, and a root cause investigation even longer. The operator should update the reported cause once it has been established, but we suspect that does not always occur.

1. PHMSA:

Incidents requiring third party forensics engineering reports by PHMSA should be "closed out" in a different way than they currently are, and the incident database needs improved quality control.

Information from the forensic reports prepared by Kiefner enabled the authors to compare the conclusion regarding cause of the incident from these reports compared to the information regarding the same incidents in the PHMSA's incident database. As mentioned above, in some cases the information either was not represented or the causes were not accurately represented. Pipeline operators would have to make a FOIA request to PHMSA or their state regulator to obtain similar information, in many instances. There are hundreds if not thousands of incident-related documents filed on a regular basis. We recognize that PHMSA has begun efforts to improve the quality control process for the data they receive from operators, and we commend them for this leadership. However, it will take some time to get the solutions in place.

We note that PHMSA plans to hire new inspectors. As an interim solution we recommend that PHMSA consider utilizing some of the new resources to review and compare those required third party forensic engineering reports to the information filed by the operator to ensure that the conclusions from those reports are accurately represented in the incident database. This effort would improve the likelihood that incident information could be used to identify paradigm-breaking trend information such as the one discussed in this paper.

2. In-line tool manufacturers and service providers:

In-line inspection tools having improved capability to be used as general inspection tools as well as "surgical" investigation devices are needed.

There aren't many in-line inspection (ILI) tools available for inspecting lower-stress lines especially those that operate at a hoop stress below 20% SMYS. The pressure often is insufficient to propel the vehicle at a steady speed, and such lines were often constructed with physical features that obstruct or interfere with the tools. There are self-propelled ILI devices such as those developed through NYSEARCH and the operators that have funded their research. These types of tools are effective and work using MFL and Eddy currents but may benefit from being able to use EMAT.

The advantages they offer over traditional free swimming pigs are:

- a) They are not propelled by the product stream and therefore are independent of throughput, which also controls speed excursions that could degrade data;
- b) They can adjust in place to fit around mitered bends and squeeze through plug valves. Rather than spending 3 years to modify 5% of an operator's pipeline before 95% of the line can be pigged, the operator can pig the 95% and then cut out the plug valves and other obstructions. This way the operator attains critical risk related information about the operations of their pipeline sooner than with a free swimming pig.
- c) They have cameras on board which (at least in the case of natural gas in the line) can provide visual information along with the pig data which can improve an analyst's interpretation of the data the pig provides.

Relative to the specific problem of the interaction of LF-ERW pipe and selective seam weld corrosion, self-propelled pigs such as the Pipetel Explorer combined with an EMAT tool could be the solution to finding the threat in the system. Most importantly though, the combination of video information, the ability to remotely pilot the device, and the ability to engage an EMAT tool on command means one could perform real time direct examination of a line from the inside of the pipe while gas is flowing. For the lack of a better description this could be considered an in-line robot (although they are remote

controlled, not autonomous). The uses for such a device are many and the technology exists in separate parts, so it is a matter of integrating the parts to a platform like the Pipetel tools.

Another example of a concern that could be addressed with such a tool is one where a pipeline system contains longitudinal seam-welded pipe of a certain vintage and a certain range of diameters and it is desired to verify the presence of an intact inside weld pass. The robot could be inserted in the line, under pressure to see whether that threat exists. If it does not, then the threat is eliminated for the remaining life of the pipe, but if it is discovered then that section of pipe can be replaced or sleeved and the threat is removed for the remaining life of the pipe. While traveling down the pipe the tool is likely to show dents, incomplete penetration on girth welds, heat affected zone from the fillet welds of full encirclement sleeves or pressure control fittings. One could engage the EMAT tool to assess for the presence of crack-like features and the possible size. In the case of the incomplete penetration of girth welds the EMAT tool could be engaged to indicate length and depth of the lack of penetration and the operator could perform an engineering critical assessment while in the field. In the case of the heat affected zone associated with the attachment weld of a pressure control fitting or full encirclement sleeve the EMAT could be engaged to determine whether there are cracks in or along the fillet weld connecting the appurtenance to the pipe.

3. Operators:

Pipeline operators should implement a threat assessment process designed to evaluate the likelihood of these types of interacting threats within their pipeline systems.

Transmission pipeline operators must account for interacting threats in their transmission integrity management plan (TIMP) risk model applicable in High Consequence Areas (HCAs). The interaction must exhibit an enhanced risk greater than the sum of risks from considering the threats separately, where interactions are deemed to be possible. The interactions are typically taken to act on the probability component of risk. (Risk is the product of probability and consequence. Since the pipelines are already "high consequence", the interaction only increases probability of a failure in an HCA transmission pipeline, not its consequences.) The data presented here suggests that with low-stress pipelines, the interaction acts to change the mode of failure from a leak to a rupture, increasing the consequence of an incident (and perhaps the probability as well).

A template for a decision tree to identify potential interactions is presented in Figure 9. This decision process may enable an operator to develop a risk model that assesses the likelihood of interactions that could affect ERW pipe, lap-welded pipe, or other varieties of pipe in a way that could cause a rupture at low or moderate hoop stresses. Such a model could be applied to low-stress pipelines under a DIMP or moderate stress pipelines in HCAs under a TIMP.

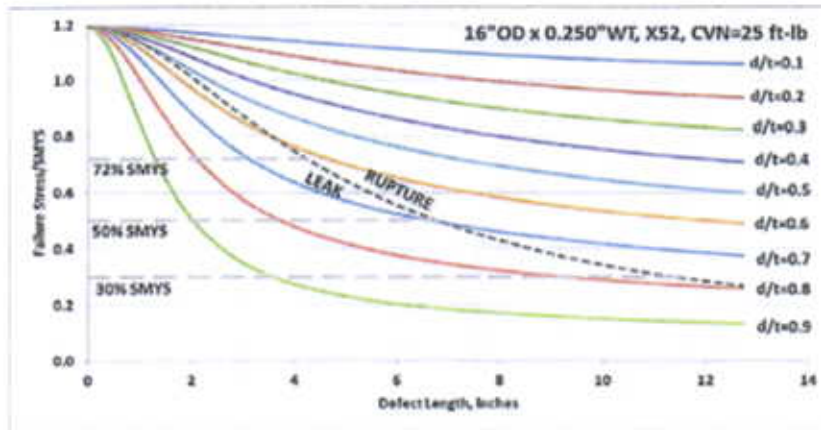


Fig.1. Critical flaw sizes in an example pipe.

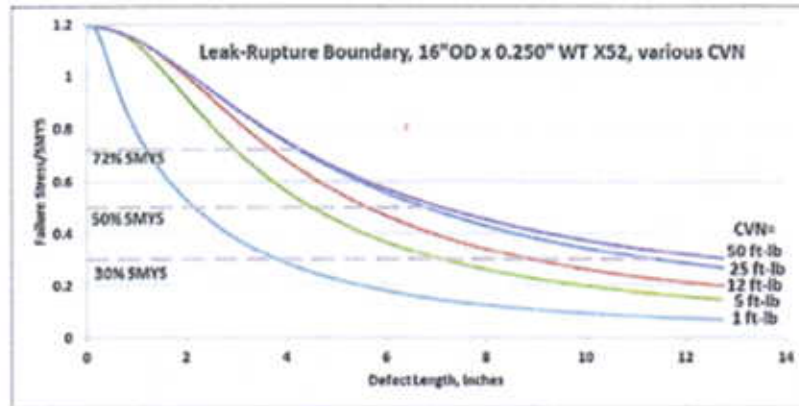


Fig.2. Leak-rupture boundaries for various toughness levels.

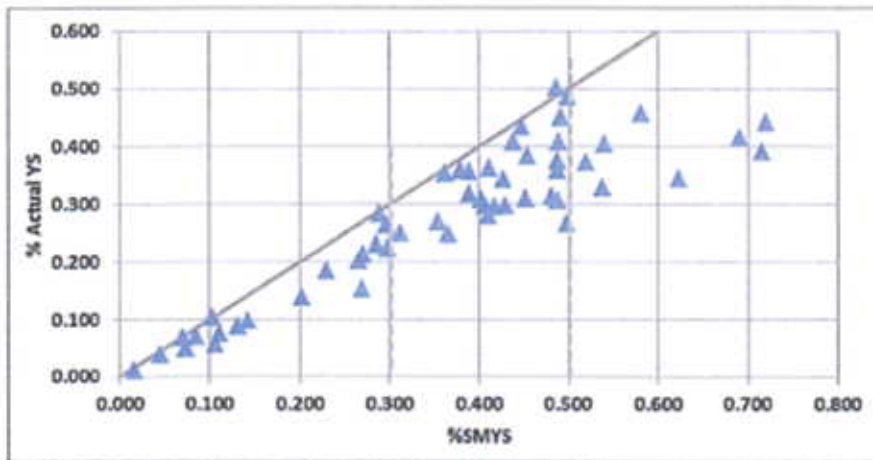


Fig.3. Comparison of failure stress levels at actual YS vs SMYS.

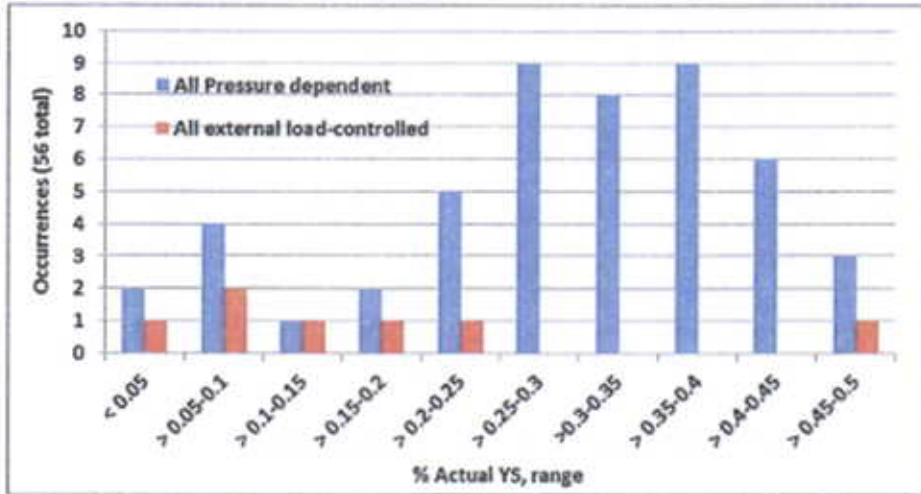


Fig.4. Distribution of ruptures by actual YS category.

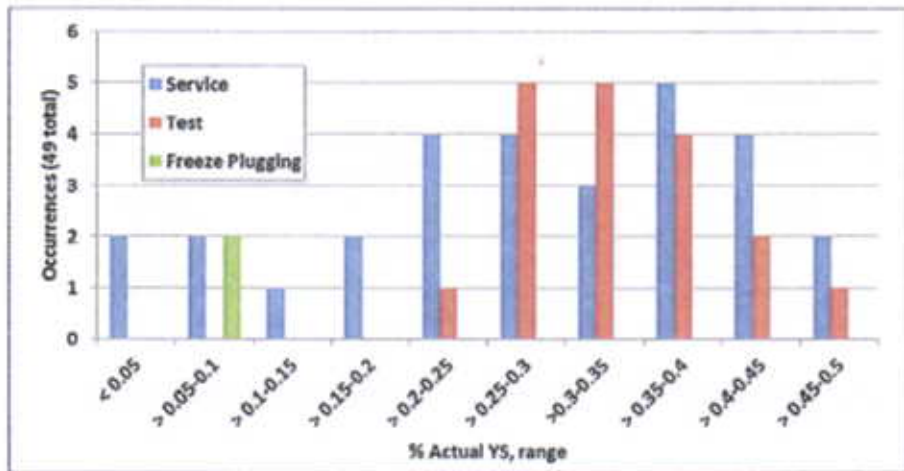


Fig.5. Number of occurrences by circumstance.

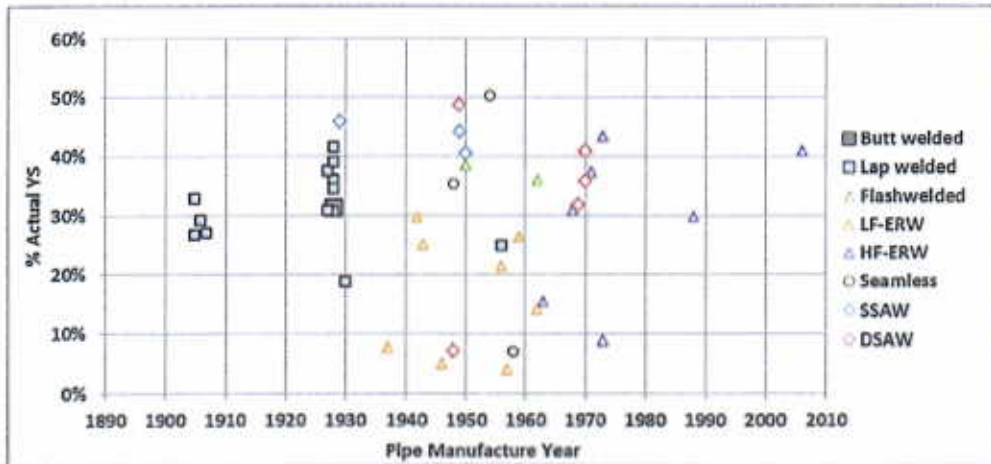


Fig.6. Failure stress vs year of manufacture, by pipe type.

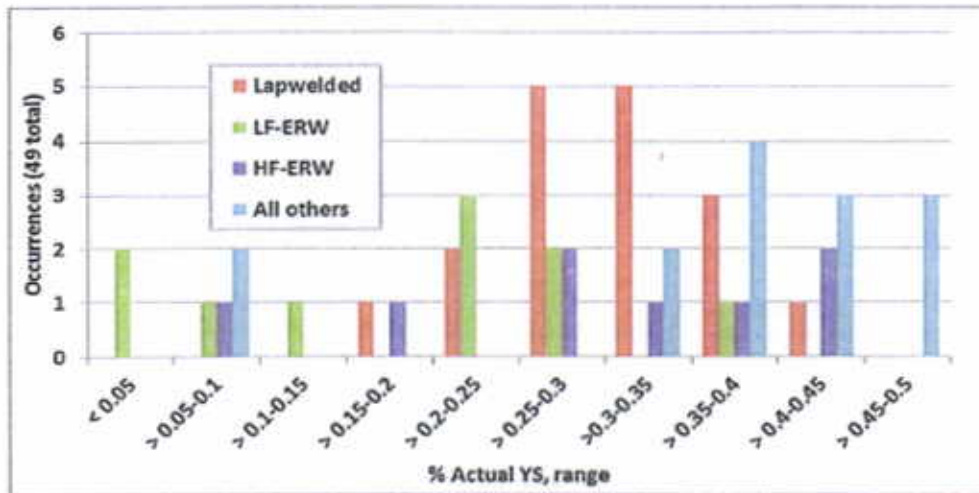


Fig.7. Number of occurrences by stress level and pipe type.

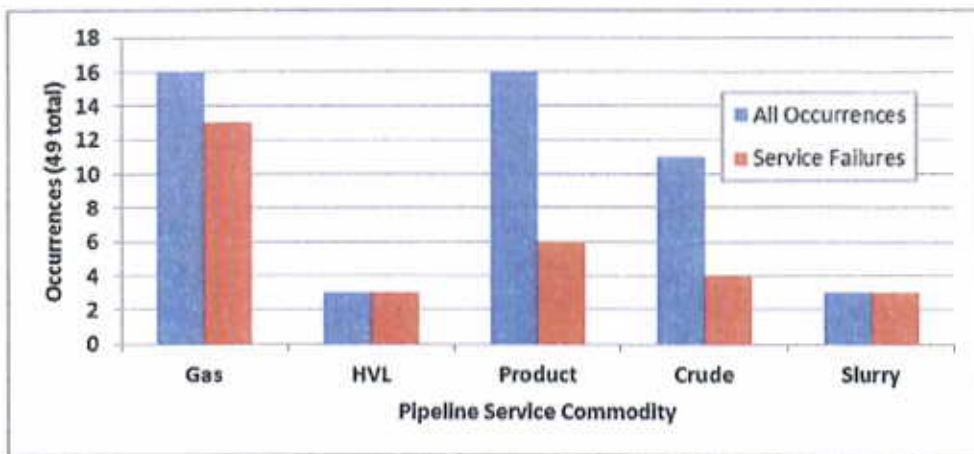


Fig.8. Distribution of low- and moderate-stress ruptures by service commodity.

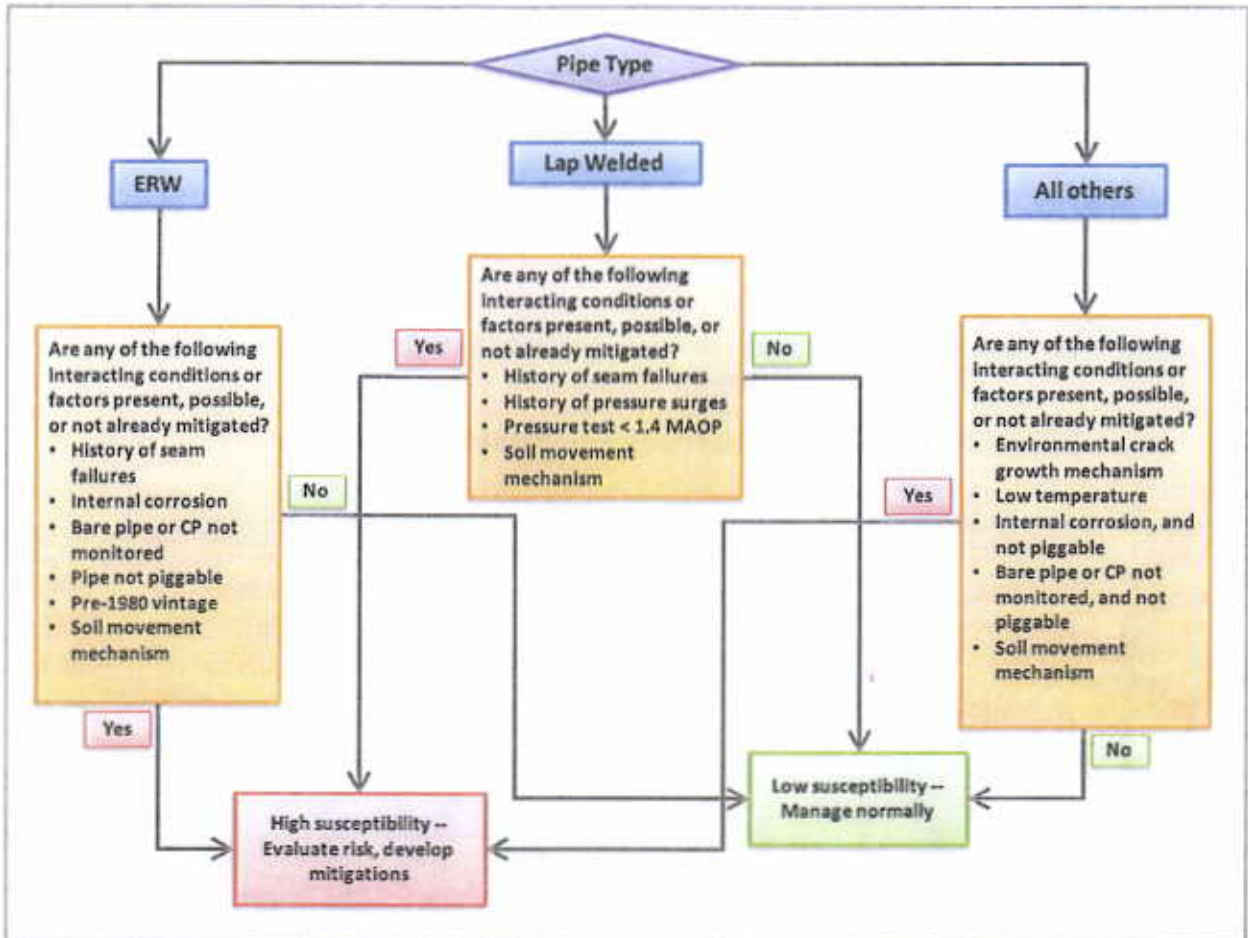


Fig.9. Postulated decision process for addressing the low-stress rupture concern.

Appendix – low stress rupture data listings

Table A1. Moderate-stress and low-stress ruptures, pipe attributes.

Case	Pipe OD inches	Seam Type	Mfr Year	Pipe Grade	SMYS	%SMYS	Actual YS	%Actual YS	Service
1	8.625	Butt weld	1928	Iron	24000	48.1%	36900	31.3%	HVL
2	20	DSAW	1949	X52	52000	50.0%	53500	48.6%	Gas
3	18	DSAW	1969	X52	52000	38.8%	63500	31.8%	Slurry
4	18	DSAW	1970	X52	52000	38.8%	56500	35.7%	Slurry
5	18	DSAW	1970	X52	52000	43.9%	55900	40.8%	Slurry
6	24	DSAW	1948	Grade A	30000	8.5%	36300	7.1%	Crude
7	26	Flash weld	1950	X52	52000	45.4%	61500	38.4%	Gas
8	24	Flash weld	1962	X60	60000	37.9%	63300	35.9%	Gas
9	12.75	HF-ERW	1971	X52	52000	52.0%	72500	37.3%	Product
10	24	HF-ERW		X52	52000	28.8%	53000	28.3%	Crude
11	8.625	HF-ERW	1973	Grade B	35000	13.1%	52500	8.7%	Gas
12	8.625	HF-ERW	1968	X42	42000	45.2%	61500	30.9%	Product
13	6.625	HF-ERW	1988	X42	42000	40.7%	57500	29.7%	Gas
14	10.75	HF-ERW	1973	X60	60000	44.8%	62000	43.3%	Product
15	10.75	HF-ERW	2006	X52	52000	49.0%	62500	40.7%	Gas
16	8.625	HF-ERW	1963	Grade B	35000	26.9%	61500	15.3%	Product
17	8.625	Lap weld	1905	Bessemer	25000	49.9%	46900	26.6%	Product
18	12.75	Lap weld	1907	Unknown	24000	35.4%	31500	27.0%	Crude
19	10.75	Lap weld		Bessemer	30000	41.0%	44000	28.0%	Product
20	8.625	Lap weld	1906	Unknown			37700	29.1%	Product
21	10.75	Lap weld		Bessemer	30000	43.0%	43400	29.7%	Product
22	10.75	Lap weld	1928	Bessemer	30000	48.8%	47900	30.6%	Gas
23	10.75	Lap weld		Bessemer	30000	42.7%	37300	34.3%	Product
24	10.75	Lap weld	1928	Bessemer	30000	48.8%	40800	35.9%	Gas
25	12.75	Lap weld	1956	Bessemer	30000	36.6%	44300	24.8%	Gas
26	10.75	Lap weld	1927	OH Class II	28000	40.2%	36600	30.8%	Crude
27	8.625	Lap weld	1930	Unknown			37100	18.6%	Product
28	8.625	Lap weld	1905	Iron	24000	53.8%	39300	32.8%	Product
29	10.75	Lap weld	1927	Bessemer	30000	48.8%	39100	37.5%	Crude
30	8.625	Lap weld		Iron	24000	26.6%	31500	20.2%	Gas
31	8.625	Lap weld	1928	OH Class I	25000	62.3%	45200	34.4%	Crude
32	8.625	Lap weld	1928	OH Class I	25000	69.1%	41600	41.5%	Crude
33	8.625	Lap weld	1928	OH Class I	25000	71.5%	45900	39.0%	Crude
34	10.75	LF-ERW	1956	Grade B	35000	27.0%	44500	21.3%	Gas
35	8.625	LF-ERW	1937	Unknown	35000	11.0%	50500	7.7%	Gas
36	10.75	LF-ERW		X46	46000	28.5%	57000	23.0%	Product
37	18	LF-ERW	1943	X42	42000	31.2%	52500	25.0%	Gas
38	8.625	LF-ERW		X42	42000	41.1%	47600	36.2%	HVL
39	16	LF-ERW	1957	Grade B	35000	4.6%	41100	3.9%	Product
40	16	LF-ERW	1946	Grade B	35000	7.3%	51500	5.0%	Gas
41	8.625	LF-ERW	1962	X42	42000	20.2%	61000	13.9%	Gas

42	10.75	LF-ERW	1959	X42	42000	29.6%	47300	26.3%	Gas
43	6.625	LF-ERW	1942	Grade C	40000	41.7%	56500	29.5%	HVL
44	6.625	Seamless	1948	X42	42000	36.2%	43100	35.3%	Product
45	16	Seamless	1954	X52	52000	48.7%	50600	50.0%	Crude
46	24	Seamless	1958	X52	52000	7.0%	52600	6.9%	Product
47	14	SSAW	1950	Grade B	35000	54.0%	46800	40.4%	Crude
48	8.625	SSAW	1949	Unknown	35000	72.0%	57000	44.2%	Crude
49	12.75	SMAW	1929	Grade B	35000	58.0%	44400	45.7%	Product
50	3.5	HF-ERW	1966	Unknown	35000	10.6%	66500	5.6%	Gas
51	8.625	LF-ERW	1963	X42	42000	29.7%	56000	22.3%	HVL
52	8.625	LF-ERW	1942	Grade C	40000	10.3%	40000	10.3%	HVL
53	4.5	Seamless	1958	Unknown	30000	1.6%	43800	1.1%	Gas
54	10.75	Seamless	1950	X42	42000	22.9%	52200	18.5%	Product
55	20	Seamless	1937	Grade B	35000	14.3%	50500	9.9%	Gas
56	14	Seamless	1948	X45	45000	49.2%	49100	45.1%	Gas

Table A2. Moderate-stress and low-stress rupture causes.

Case	Seam Type	Condition	Primary Cause	Contributing factor(s)	Reported to PHMSA?	Reported Cause 1	Reported Cause 2
1	Butt weld	Service	Defective seam, lack of fusion	Shut in fluid	Yes	Incorrect operation	Damage by operator
2	DSAW	Service	External corrosion	MIC	No		
3	DSAW	Service	SCC	Fatigue	N/A (a)		
4	DSAW	Service	SCC	Fatigue	N/A (a)		
5	DSAW	Service	Seam fatigue		N/A (a)		
6	DSAW	PrzPlug	Freeze plugging	Low temperature brittleness	N/A (b)		
7	Flash weld	Service	SCC, originating at fabrication weld	SCC, originating at fabrication weld	Yes	Body of pipe	Crack near weld saddle
8	Flash weld	Service	Fabrication weld defect	Fatigue, low temperature brittleness	Yes	None given	None given
9	HF-ERW	Test	Defective seam, hook crack		N/A (c)		
10	HF-ERW	Service	Internal selective seam corrosion		No		
11	HF-ERW	Service	Internal selective seam corrosion	MIC	No		
12	HF-ERW	Test	Previous damage, dent and gouge		N/A (c)		
13	HF-ERW	Service	Previous damage, gouge		No		
14	HF-ERW	Service	Previous damage, gouge	SCC	Yes	Body of pipe	Other outside force or damage
15	HF-ERW	Service	Previous damage, dent and gouge		Yes	Previously damaged pipe	
16	HF-ERW	Service	Previous damage, gouge	Pressure surge	Yes	Material failure	Longitudinal tear/crack
17	Lap weld	Test	Burnt metal		N/A (c)		
18	Lap weld	Test	Burnt metal		N/A (c)		
19	Lap weld	Test	Burnt metal		N/A (c)		
20	Lap weld	Test	Burnt metal		N/A (c)		
21	Lap weld	Test	Burnt metal		N/A (c)		
22	Lap weld	Test	Burnt metal		N/A (c)		
23	Lap weld	Test	Burnt metal		N/A (c)		
24	Lap weld	Test	Burnt metal		N/A (c)		
25	Lap weld	Service	Burnt metal	Internal corrosion	No		
26	Lap weld	Service	Burnt metal	Possible fatigue	Yes	Pipe seam	
27	Lap weld	Service	Defective seam		N/A (c)		
28	Lap weld	Test	Defective seam		N/A (c)		
29	Lap weld	Test	Defective seam		No		
30	Lap weld	Service	Previous mechanical damage	Shallow cover, heavy equipment	Yes	Body of pipe	Damage by outside force
31	Lap weld	Test	Previous damage, gouge	Corrosion	N/A (c)		
32	Lap weld	Test	Lap weld defect		N/A (c)		
33	Lap weld	Test	Burnt metal		N/A (c)		

34	LF-ERW	Test	Defective seam, cold weld	Low seam toughness	N/A (c)		
35	LF-ERW	Service	External selective seam corrosion	Low seam toughness	Yes	Pipe seam	External corrosion
36	LF-ERW	Service	External selective seam corrosion	Low seam toughness	Yes	Longitudinal weld	External corrosion
37	LF-ERW	Service	External selective seam corrosion	Low seam toughness	No		
38	LF-ERW	Service	External selective seam corrosion	Low seam toughness	Yes	Pipe seam	Selective seam corrosion
39	LF-ERW	Service	External selective seam corrosion	Cold weld, low seam toughness	Yes	Tank piping	Pipe seam weld
40	LF-ERW	Service	External selective seam corrosion	Cold weld, low seam toughness	Yes	Pipe seam	Miscellaneous
41	LF-ERW	Service	External selective seam corrosion	Possible LOP, low seam toughness	No		
42	LF-ERW	Service	Internal corrosion, pipe body		No		
43	LF-ERW	Service	External corrosion	MIC	Yes	External corrosion	Localized pitting
44	Seamless	Service	External corrosion, pipe body		Yes	Corrosion	
45	Seamless	Service	Previous mechanical damage		Yes	Other outside force or damage	
46	Seamless	FrzPlug	Freeze plugging	Low temperature brittleness	No		
47	SSAW	Service	Defective seam, lack of fusion		Yes	Longitudinal weld	
48	SSAW	Test	Defective seam, lack of penetration		N/A (b)		
49	SMAW	Test	Previous damage, dent and gouge		N/A (c)		
50	HP-ERW	Service	Earth movement		No		
51	LF-ERW	Service	Earth Movement	Fabrication weld defect	Yes	Earth movement	Frost heave
52	LF-ERW	Service	Girth weld LOP	Creek bank failure	Yes	Circumferential separation	Natural forces
53	Seamless	Service	Earth Movement	Previous damage, indentation	No		
54	Seamless	Service	Earth Movement		Yes	Landslide	
55	Seamless	Service	Wrinkle or buckle, transverse fracture	Thermal stress, previous fire inside pipeline	No		
56	Seamless	Service	SCC	Located in swamp	Yes	Circumferential separation	SCC

Notes: (a) Slurries not considered hazardous liquid; service failures not reportable to PHMSA.

(b) Freeze plug failure not reportable to PHMSA (at the time of occurrence).

(c) Test failures not reportable to PHMSA.