

# **RBI: OPTIMIZACIÓN DE PLANES DE INSPECCIÓN MEDIANTE SOFTWARE**

**Marcos Meyer, Icorr, mmeyer@icorr.com.ar**  
**Leo Orfei, Icorr, orfeileo@icorr.com.ar**  
**Marcos Tissera, Icorr, mtissera@icorr.com.ar**

## Sinopsis

RBI es la metodología utilizada por amplio consenso a nivel mundial para el análisis de riesgo y diseño de los planes de inspección de componentes de plantas.

En la implementación de RBI en diferentes operadoras, utilizando como herramienta de soporte un software de cálculo de riesgo, se detectaron oportunidades de mejora y optimización en el diseño de los planes de inspección y su vinculación con las etapas de implementación de los mismos.

Durante 2019 se desarrolló una funcionalidad innovadora, denominada Planificador de Inspecciones, orientada a sistematizar y optimizar la selección, programación y gestión de actividades de inspección que surgen como resultantes del análisis de riesgo. La misma fue implementada en diversos proyectos de RBI.

A partir de criterios de aceptación de riesgo definidos se establecen los requerimientos de inspección específicos por mecanismo de daño para cada componente. Mediante de un algoritmo que considera mecanismos de daño, tipos de componente (particularidades de intercambiadores – mazo desmontable o no, tanques, etc.), métodos de inspección disponibles, alcances posibles, parámetros operativos como temperatura, etc., se obtiene como resultado un programa de inspección en formato calendario. Dicho programa contiene las técnicas de inspección, alcances y fechas de intervención recomendados. Se evalúan en combinación aspectos como costos de inspecciones y disponibilidad operativa.

El planificador contempla criterios de inspección tanto por riesgo como requerimientos regulatorios y normativos. De este modo, el plan anual de inspección de equipos obtenido facilita la gestión de inspecciones, permitiendo, por ejemplo, la planificación de campañas particulares por criterios (riesgo, norma), unidades o grupos de instalaciones, tipos de componentes o familias de mecanismos de daño (campaña para CUI, campaña para corrosión en suelos, etc.).

Se presentan los aspectos principales del desarrollo del Planificador de Inspecciones y resultados obtenidos, así como las mejoras en el flujo de trabajo a través de esta herramienta.

## 1. Introducción

La metodología RBI (Risk Based Inspection) es la herramienta de gestión y análisis de riesgo adoptada en la industria para los sistemas de plantas de proceso.

Históricamente se ha observado que la implementación de las metodologías API RBI inicialmente enfocan la mayoría de los recursos en la recopilación de información, que en muchos casos es limitada y de baja calidad, y en el cálculo de riesgo. De esta manera solo se obtiene una foto más o menos borrosa, según la calidad de las etapas de cálculo, del nivel de riesgo actual de la unidad o planta, sin llegar a plasmar dichos resultados en el diseño de los planes de inspección.

La implementación mediante software de metodologías cuantitativas de RBI de acuerdo con la tercera edición de la norma RBI (publicada en 2016) permite obtener, no solo una imagen bien definida del riesgo actual, sino que es posible determinar la progresión del riesgo de cada equipo en el tiempo a medida que la edad y los mecanismos de daño actúan en el deterioro de los mismos.

En la implementación de RBI en diferentes operadoras, utilizando como herramienta de soporte un software de cálculo de riesgo, se detectaron oportunidades de mejora y optimización en el diseño de los planes de inspección y su vinculación con las etapas de implementación de los mismos.

## 2. Desarrollo

### 2.1. Análisis de Riesgo

De acuerdo con la metodología API RBI, el riesgo se determina combinando los resultados de probabilidad y consecuencia de falla. La definición general del riesgo es:

Riesgo = Probabilidad x Consecuencia

La probabilidad de falla (POF) en un análisis de RBI es una estimación de la probabilidad de ocurrencia de una consecuencia adversa que resulta de una pérdida de contenido debido a un mecanismo de daño.

El análisis cuantitativo de probabilidad considera una gran cantidad de factores, entre los que se encuentran:

- Mecanismos de daño (internos y externos)
- Velocidad de corrosión o susceptibilidad
- Efectividad de inspecciones
- Tiempo en servicio
- Diseño mecánico

El análisis de la consecuencia de falla (COF) en un programa de RBI es realizado para discriminar entre los equipos evaluados las posibles consecuencias ante una falla. Las consecuencias evaluadas incluyen:

- Consecuencias por fuego/explosión a personas
- Consecuencias por fuego/explosión a las instalaciones
- Consecuencias tóxicas a las personas
- Otras consecuencias a las personas (vapor, ácidos y cáusticos)
- Consecuencias ambientales
- Consecuencias económicas

El cálculo de riesgo cuantitativo y la presentación de los resultados fue realizado mediante un software específico, el cual cumple íntegramente con la metodología de cálculo API RP-581.

## 2.2. Gestión del riesgo

En base a los resultados de riesgo obtenidos, se inicia el proceso de gestión del riesgo.

Se debe desarrollar un plan de inspección basado en riesgo enfocado fundamentalmente en la reducción de la incertidumbre del nivel de riesgo. Se debe tener en cuenta que las acciones de inspección no detienen los mecanismos de daño activos y no ejercen ninguna acción en el riesgo real del equipo. Sin embargo, la información obtenida mediante inspecciones efectivas permite una mejor cuantificación del riesgo pudiendo disminuir el riesgo calculado.

La estrategia de inspección a definir debe orientarse principalmente a la realización de inspecciones de alta efectividad en los mecanismos de daño determinados en los equipos de mayor riesgo. Para lograr una elevada efectividad se conjugan las técnicas más adecuadas para el tipo de defectos esperados, el alcance de inspección y la definición de zonas de susceptibilidad.

### 2.2.1. Plan de inspección basado en riesgo

A partir de los resultados del análisis de riesgo y mecanismos de daño de una unidad, el plan de inspección es formulado para lograr una reducción y control del riesgo en niveles aceptables.

#### 2.2.1.1. Relación entre riesgo y diseño de los planes

El nivel de actividad de inspección influye directamente sobre la probabilidad de falla. Teniendo en cuenta los niveles de riesgo evaluados en el sistema, surgen las recomendaciones para implementar acciones de reducción de riesgo en los equipos de mayor criticidad.

Para la reducción de riesgo existen dos metodologías principales:

- Incremento en la efectividad de la inspección.
- Incremento en la frecuencia de inspección.

#### 2.2.1.2. Técnicas

El factor principal que define la selección de las técnicas a utilizar es el tipo y mecanismo de daño. Es importante destacar que, en la mayoría de los casos, la utilización de más de una técnica en forma complementaria puede resultar en una efectividad mayor a la obtenida de la aplicación de cada técnica en forma individual.

En la Tabla 1 se presenta la referencia de las técnicas de inspección disponibles según RBI.

IDENTIFICACIÓN DEL MÉTODO	DESCRIPCIÓN
VT	Inspección visual
BOR	Boroscopía
PT	Líquidos penetrantes
FPT	Líquidos penetrantes fluorescentes
MT	Partículas magnéticas
WFMT	Partículas magnéticas fluorescentes húmedas
UTT	Ultrasonido para espesor
UTS	Ultrasonido scan
UTSW	Ultrasonido haz angular
UTSWA	Ultrasonido haz angular técnicas avanzadas
RT	Radiografía
RTP	Radiografía de perfil
ET	Corrientes Eddy
AE	Emisión acústica
DM	Medición dimensional
HD	Dureza
RP	Réplicas metalográficas
MS	Muestreo
MFL	Pérdida de flujo magnético

Tabla 1. Técnicas de inspección disponibles según RBI.

### 2.2.1.3. Intervalos

La fecha de próxima inspección es cuantificada en función del nivel de riesgo actual y proyectado, tipo y velocidad de daño y funcionalidad de cada componente.

### 2.2.1.4. Proyección del riesgo

En los programas de integridad basados en riesgo, la planificación de actividades, particularmente de las inspecciones, debe basarse en el nivel de riesgo actual y proyectado de cada equipo o componente evaluado, en relación a un límite de riesgo predeterminado.

A modo de ejemplo del análisis llevado a cabo para diseñar los planes de integridad basados en riesgo para cada equipo, la Figura 1 muestra la evolución del riesgo de un equipo perteneciente a una Planta de Tratamiento de Gas, denominado Separador de Entrada (SE), desde su puesta en servicio.

Se observa que el riesgo del componente ha sobrepasado el límite de riesgo medio-alto a alto durante el año 1996. Las siguientes figuras representan la proyección del riesgo de falla simulado en diferentes escenarios. A partir de la condición actual, se simula la proyección de riesgo sin inspecciones futuras (Figura 2), con inspección de alta efectividad (inspección tipo A, Figura 3) y con inspección de baja efectividad (inspección tipo D, Figura 4). En el único caso en que el riesgo desciende y se mantiene en niveles aceptables es con inspecciones de alta efectividad.

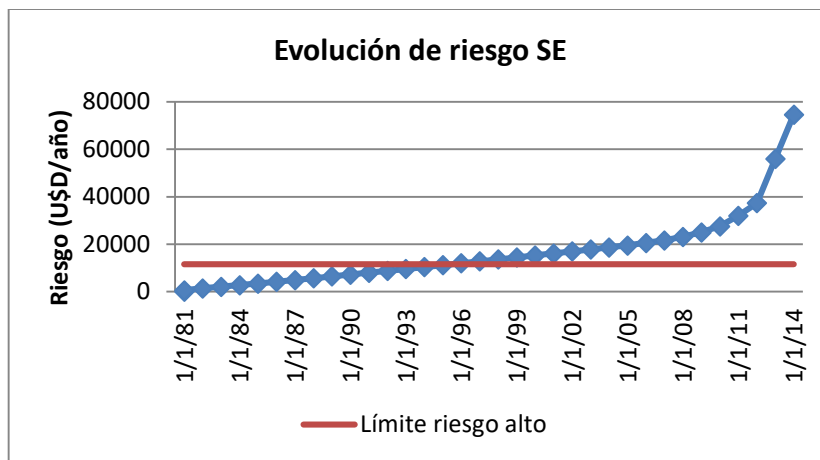


Figura 1. Evolución histórica de riesgo SE.

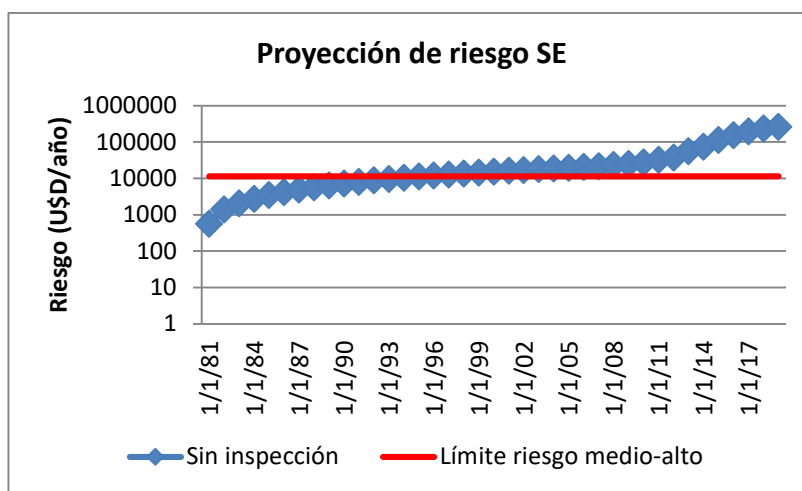


Figura 2. Evolución de riesgo SE, DPP; escenario 1: sin inspección a partir de la fecha.

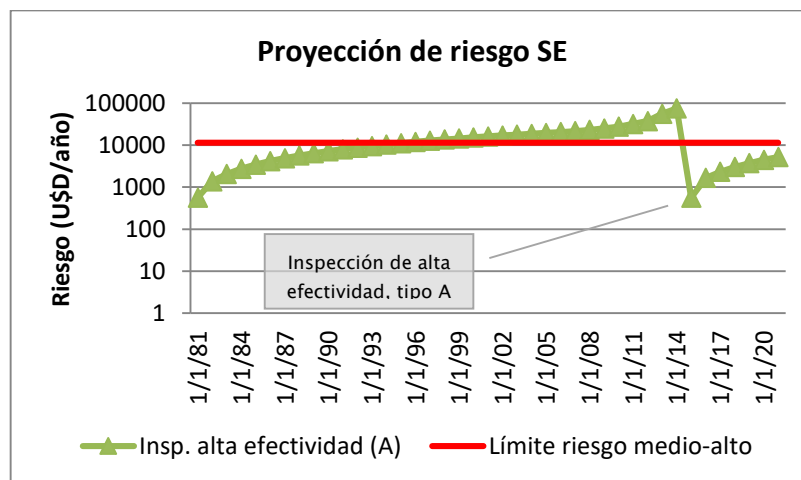


Figura 3. Evolución de riesgo SE; escenario 2: inspección de alta efectividad (tipo A) en 2015.

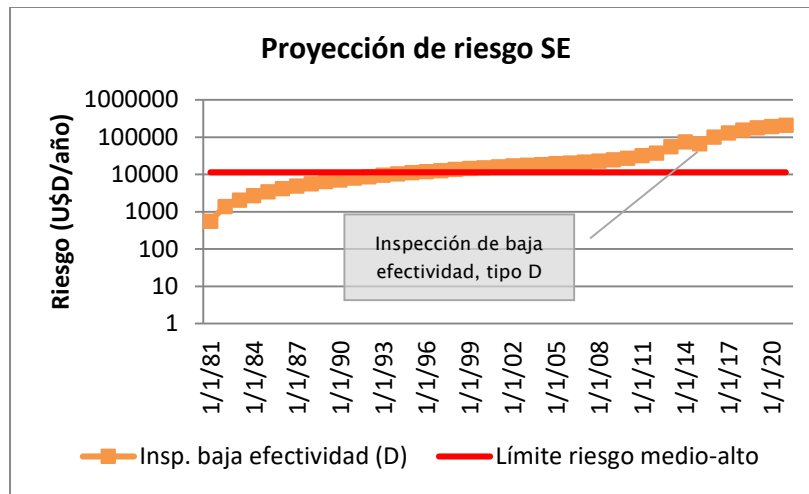


Figura 4. Evolución de riesgo SE; escenario 3: inspección de baja efectividad (D) en 2015.

#### 2.2.1.5. Formulación de los planes mediante software

Mediante la utilización del software es posible realizar cálculos y proyecciones de riesgo a cualquier fecha deseada, incorporando resultados de diferentes alternativas de planes de inspecciones. De este modo puede ser evaluado el impacto en el riesgo actual y futuro para obtener las opciones de inspección más convenientes que optimicen la gestión del riesgo para cada equipo.

### 2.3. Planificador de Inspecciones

Considerando los aspectos y conceptos indicados anteriormente, se desarrolló una funcionalidad innovadora en el software RBI, denominada Planificador de Inspecciones, orientada a sistematizar y optimizar los procesos de selección, programación y gestión de actividades de inspección que surgen como resultantes del análisis de riesgo. En el Planificador se establecen, a partir de criterios de aceptación de riesgo definidos, los requerimientos de inspección específicos por mecanismo de daño para cada componente. Mediante de un algoritmo que considera mecanismos de daño, tipos de componente (particularidades de intercambiadores – mazo desmontable o no, tanques, etc.), métodos de inspección disponibles, alcances posibles, parámetros operativos como temperatura, etc., se obtiene como resultado un programa de inspección en formato calendario.

Dicho programa contiene las técnicas de inspección, alcances y fechas de intervención recomendados. Se evalúan en combinación aspectos como costos de inspecciones y disponibilidad operativa.

El Planificador contempla criterios de inspección tanto por riesgo como requerimientos regulatorios y normativos. De este modo, el plan anual de inspección de equipos obtenido facilita la gestión de inspecciones, permitiendo, por ejemplo, la planificación de campañas particulares por criterios (riesgo, norma), unidades o grupos de instalaciones, tipos de componentes o familias de mecanismos de daño (campaña para CUI, campaña para corrosión en suelos, etc.).

Se describen a continuación aspectos principales del funcionamiento, lógica e implementación del Planificador.

#### 2.3.1. Límites de riesgo

Para los cálculos de riesgo y las recomendaciones de inspección basadas en RBI se pueden seleccionar los siguientes límites de riesgo:

- I. Límite de Riesgo
  - a. Riesgo Financiero (U\$/año)
  - b. Riesgo por seguridad (m2/año)
- II. Límite de Probabilidad
  - a. Probabilidad (fallas/año)
  - b. Nivel de probabilidad

- III. Límite mínimo de riesgo por MDD
  - a. Riesgo Financiero por MDD (U\$/año)
  - b. Riesgo por seguridad por MDD (m2/año)
- IV. Intervalo máximo de inspección
  - a. Intervalo máximo (años)

#### 2.3.2. Criterios de planificación y flexibilidad

- Se pueden seleccionar el nivel de efectividad a contemplar dentro de las opciones del plan de inspección resultante (A, B, C, D, E)
- Se pueden generar planes tanto para una unidad completa como para ciertos equipos o un equipo en particular. Se seleccionan simplemente desde el árbol de instalaciones.
- Se incluye la lógica y clasificación de inspecciones que requieren paro de unidad ya que por razones de facilidades de inspección o condiciones particulares no es posible ejecutar la inspección asignada con la unidad en servicio.

#### 2.3.3. Clasificación de las inspecciones

Se definieron las siguientes familias de inspección, clasificación que resulta acorde a los lineamientos indicados por API-510:

- a) Inspección interna-II
- b) II Tubos-IITUB
- c) Inspección on stream-IO
- d) Inspección externa-IE
- e) IE Tubos-IETUB
- f) IE Soterrados-IESOT
- g) IE CUI-IECUI
- h) Inspección operativa-IOP

#### 2.3.4. Optimización económica del plan

El proceso de optimización del plan incluido en el software considera lógicas particulares para contemplar:

- Diferentes opciones de inspección en base a efectividades seleccionables
- Costo estimado de inspección contemplando las dimensiones reales de cada componente, la complejidad de la técnica y el alcance requerido
- Facilidades de inspección particulares de cada equipo (por ejemplo, presencia de boca de hombre)
- Posibilidad de intervención con la unidad en servicio
- Límite de temperatura de técnicas de inspección
- Requerimiento de retiro de aislación

Una de las funciones principales y aspectos más salientes del Planificador es la optimización de costos de inspección, ya que el algoritmo selecciona la combinación de técnicas-alcances-intervalos de menor costo, asegurando el cumplimiento de las efectividades seleccionadas.

#### 2.3.5. Criterios normativos

El modelo desarrollado contempla adicionalmente, como parte del plan de inspección, los requerimientos de actividades de inspección prescritos por la normativa aplicable a los diferentes tipos de componentes de plantas:

- API 510 Pressure Vessel Inspection Code
- API 570 Piping Inspection Code

- API 653 Tank Inspection, Repair, Alteration and Reconstruction
- Res. 785 Programa Nacional de Control de Pérdidas de Tanques Aéreos de Almacenamiento de Hidrocarburos y sus Derivados
- NAG 125 Seguridad en Planta de Acondicionamiento, Tratamiento y Proceso de Gas Natural
- GE N1 102 Norma sobre Mantenimiento en Plantas de GLP

Para cada normativa se consideran las particularidades definidas: Tipos de inspección y técnicas requeridas, frecuencias en función de la consecuencia del equipo o clase de cañerías, tipo de barreras de seguridad en tanques, fórmulas para intervalos de inspección.

### 2.3.6. Plan de inspección

El plan de inspección formulado mediante el Planificador contiene y muestra la siguiente información:

- Datos de identificación de cada componente incluido en el plan.
- Resultados de riesgo.
- Mecanismo/s determinante/s o gobernante/s para cada requerimiento de inspección.
- Fecha de próxima inspección.
- Tipo (familia) de inspección a ejecutar.
- Aplicación: en servicio o fuera de servicio (inspecciones intrusivas).
- Tareas: combinación de técnicas definidas para el plan.
- Alcance: porcentaje de cobertura de las técnicas sobre el componente.
- Efectividad de la inspección.
- Costo de la opción de inspección: opción más económica dentro de los rangos de efectividad seleccionados.
- Requerimientos normativos: plazos y actividades a ejecutar.

En la Figura 5, se muestra una de las pantallas principales de salida del Planificador.

**Asistente de plan de inspección**

**Asistente de planificador de inspecciones**

**Paso 4 - Resultados**

APP_PLAN	APP_COMP	COMPONENT_TAG	COMPONENT_TYPE	APP_EQUIPMENT_ID	EQUIPMENT_TAG	EQUIPMENT_TYPE	RISK_SELECTED	RISK_SELECTED_DATE	2020
36	516 V-05 ENV	Recipiente envolvente	354	V-05	Recipiente/Aeroenfriador	Riesgo por fecha	31/5/2022		
37	514 V-03 ENV	Recipiente envolvente	352	V-03	Recipiente/Aeroenfriador	Riesgo por fecha	17/10/2028		
38	515 V-04 ENV	Recipiente envolvente	353	V-04	Recipiente/Aeroenfriador	Riesgo por fecha	17/4/2022		
40	513 V-02 ENV	Recipiente envolvente	351	V-02	Recipiente/Aeroenfriador	Riesgo por fecha	9/6/2011	API 510-IOS CUIF-IECUI	

**Asistente de plan de inspección**

**Asistente de planificador de inspecciones**

**Paso 4 - Resultados**

RISK_SELECTED_DA	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034
31/5/2022			EXT_CDR-IE						API 510-IOS						
17/10/2028									API 510-IOS EXT_CDR-IE						
17/4/2022			CD2-IOS						API 510-IOS						
9/6/2011			API 510-IOS CUIF-IECUI						API 510-IOS						

Figura 5. Pantalla principal del Planificador de Inspecciones; presentación calendario de inspecciones.

## 2.4. Optimización en el proceso de Gestión RBI

La utilización de un software específico de cálculo y gestión como herramienta de soporte en el proceso RBI, ha permitido mejorar las etapas de cálculo de riesgo (nivel cuantitativo) y sistematizar actividades clave de dicho proceso:

- Análisis de riesgo cuantitativo RBI
- Actualización continua de inspecciones y MDD
- Reporte de KPI

Adicionalmente, el desarrollo de la nueva herramienta denominada Planificador de Inspecciones dentro del software RBI ha contribuido en la mejora de los siguientes aspectos fundamentales de la gestión del riesgo:

- Planificación de actividades de inspección
- Optimización económica y programación de los planes
- Revisión de criterios de inspección

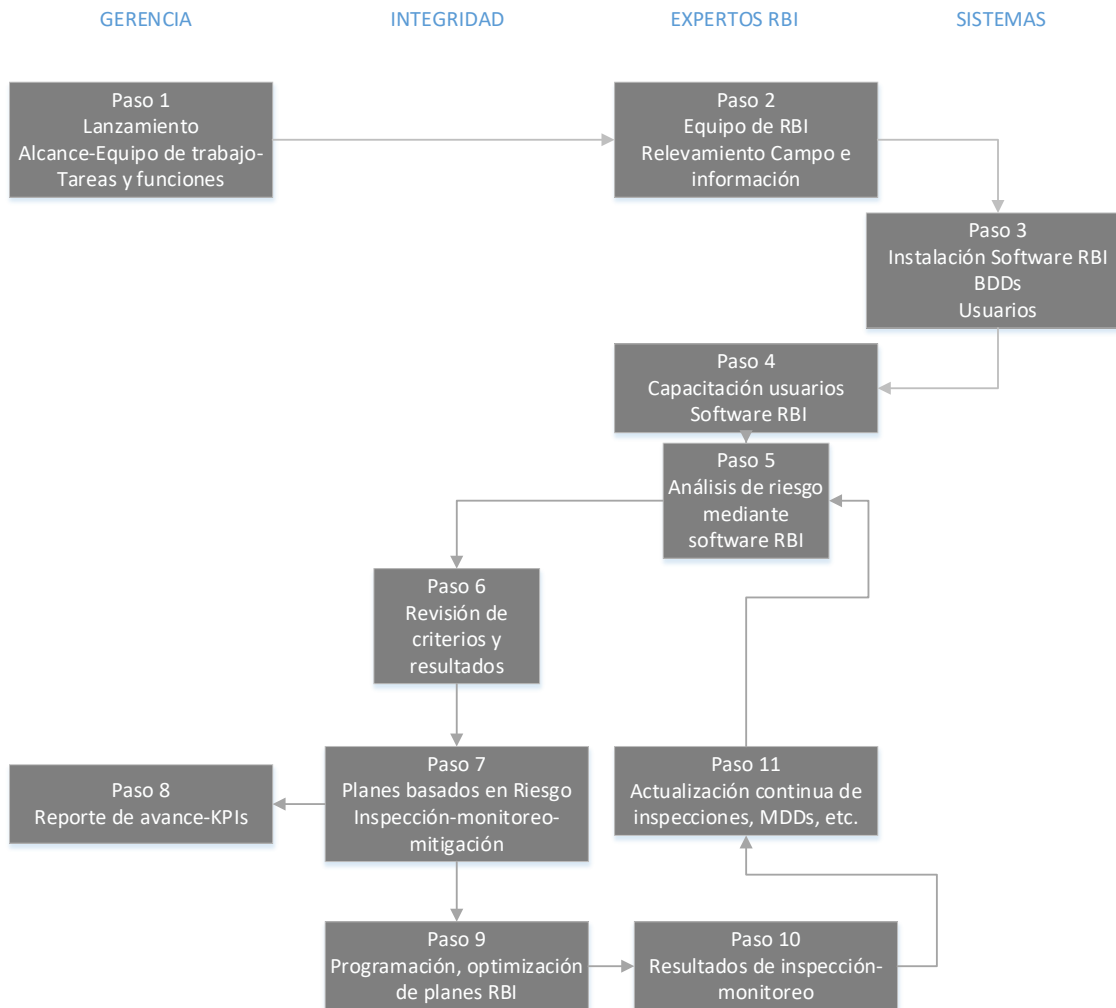


Figura 6. Flujo del proceso de gestión RBI optimizado mediante utilización de software y planificador de inspecciones.



## 2.5. Caso de aplicación: PTG

Se presenta a continuación un caso de aplicación de análisis y cálculo de riesgo mediante el software RBI y desarrollo de los planes de inspección a través del módulo Planificador, en una planta de tratamiento de gas (PTG) ubicada en áreas de producción de upstream.

El módulo Planificador utiliza los resultados del cálculo de riesgo como punto de partida para establecer las técnicas, alcances y fechas de inspección de equipos y cañerías de planta.

En la siguiente figura se muestran los resultados de riesgo, en formato de matriz y tabla de riesgo, para cuatro componentes (seleccionados a modo de ejemplos) de dicha PTG.

Matriz de Riesgo de U\$\$/año por componentes (12/5/2021)

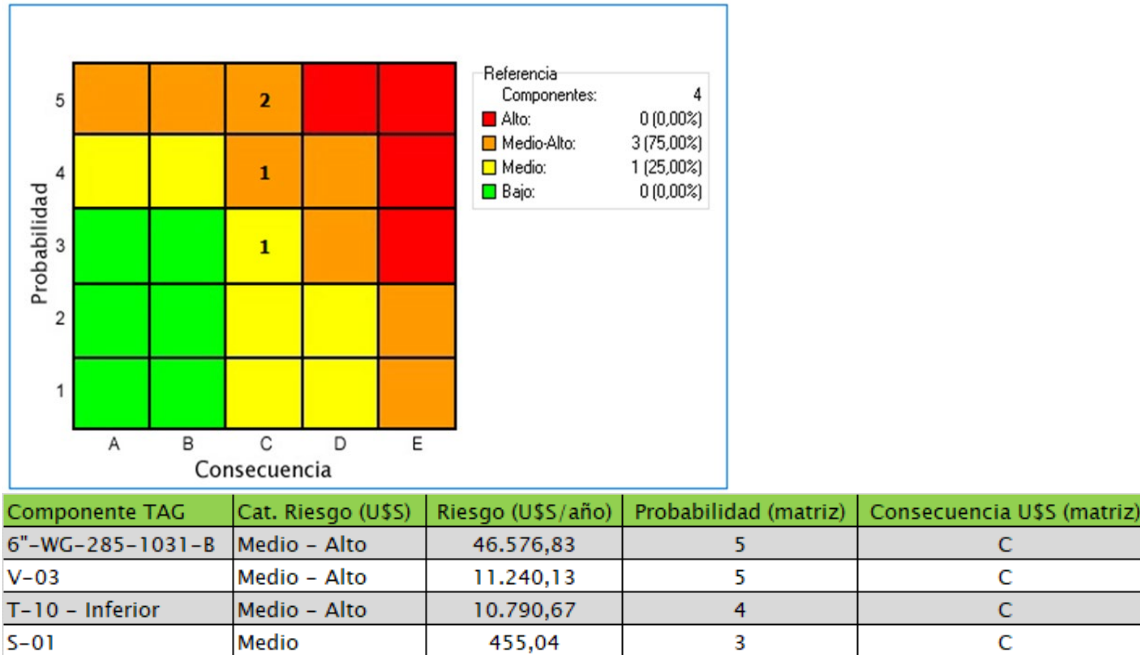


Figura 7. Caso de aplicación PTG: resultados de riesgo en formato matriz y tabla.

Se establecieron, posteriormente, una serie de criterios y parámetros para la aplicación del módulo Planificador, que se pueden resumir en los siguientes:

- Fecha del plan: 12/05/2021
- Límite de Riesgo establecido: 1000 U\$\$/año
- Límite de categoría de probabilidad: 4
- Efectividades de inspecciones aceptables: A, B
- Límite mínimo por MDD: 20%
- Normativas/Regulaciones aplicables: API 653, API 510, API 570, Resolución Nacional 785.

El parámetro “límite mínimo por MDD” determina que serán contemplados dentro del Plan aquellos mecanismos de daño que contribuyan en un 20% o más al riesgo total del componente.

En términos generales, el Planificador tiene en cuenta la afectación del equipo en la producción de la planta (incluido dentro del cálculo de riesgo), la accesibilidad al mismo y las efectividades y costos de cada técnica de inspección. Se lleva a cabo una búsqueda inteligente de la mejor combinación técnica-alcance-efectividad para cada componente bajo análisis, que determine a largo plazo el mayor beneficio económico dentro de las opciones factibles.

Por otro lado, se debe aclarar que también se consideran condiciones particulares para cada equipo y planta.

Se muestra a continuación, la pantalla principal que se obtiene como resultado de la aplicación del Planificador. Dicha pantalla contiene un resumen de datos de identificación de los componentes y sus resultados de riesgo, por

un lado, y la presentación en formato calendario tanto del historial de inspecciones como del plan recomendado, indicando los tipos/familias de inspección a aplicar en cada caso.

<b>Datos de equipo</b>					
TAG Componente	Descripción componente	TAG Equipo/Grupo	Descripción Equipo/Grupo	Riesgo seleccionado	Riesgo U\$S (12/5/2021)
T-10 - Inferior	Columna Estabilizadora - Inferior	T-10	Columna Estabilizadora	Riesgo por fecha	\$ 10.790,67
6" WG-285-1031-B	Colector de Descarga Gas AP	Piping - GHAP	Grupo Gas Húmedo Alta Presión	Riesgo por fecha	\$ 46.576,83
V-03	Tanque de Drenajes	V-03	Tanque de Drenajes	Riesgo por fecha	\$ 11.240,13
S-01	Separador Bifásico	S-01	Separador Bifásico	Riesgo por fecha	\$ 455,33

<b>Historial de inspecciones</b>					<b>Plan de inspecciones</b>						
2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027
			IECUJ CO2-IOS		CO2-IOS						
					CO5-IOS						
					MIC-IOS						
				IECUJ CO2-IOS MIC-IOS						MIC-IOS	

Figura 8. Caso de aplicación PTG: pantalla principal del Planificador; presentación calendario de inspecciones.

A continuación, el detalle de los planes de inspección puede visualizarse en otra pantalla de la aplicación, mostrando la siguiente información relevante:

- Identificación del componente
- Tipo de plan: Historial o RBI
- Criterio de inspección: MDD o norma
- Fecha de realización
- Intervención: Intrusiva o no
- Técnicas a aplicar
- Alcance
- Efectividad de la inspección combinada
- Familia de inspección

Equipo TAG	Componente TAG	Descripción	Tipo de plan	Mecanismo de daño/Norma	Fecha	Año Inspección	Intrusiva?	Método de inspección	Alcance	Efectividad	Familia de inspección	Puesta en servicio	Paro de planta?
T-10	T-10 - Inferior	Columna Estabilizadora - Inferior	Historial	CO2	30/10/2019	2019	Falso	VT	50	C	Inspección on stream	01/06/2008	-
T-10	T-10 - Inferior	Columna Estabilizadora - Inferior	Historial	CO2	30/10/2019	2019	Falso	UTT	25	C	Inspección on stream	01/06/2008	-
T-10	T-10 - Inferior	Columna Estabilizadora - Inferior	Historial	CUJIF	30/10/2019	2019	Falso	VT	50	C	Inspección on stream	01/06/2008	-
T-10	T-10 - Inferior	Columna Estabilizadora - Inferior	Historial	CUJIF	30/10/2019	2019	Falso	UTT	25	C	Inspección on stream	01/06/2008	-
T-10	T-10 - Inferior	Columna Estabilizadora - Inferior	RBI	CO2	15/07/2016	2021	Falso	UTS	100	A	Inspección on stream	01/06/2008	Falso

Equipo TAG	Componente TAG	Descripción	Tipo de plan	Mecanismo de daño/Norma	Fecha	Año Inspección	Intrusiva?	Método de inspección	Alcance	Efectividad	Familia de inspección	Puesta en servicio	Paro de planta?
Piping - GHAP	6" W/G-285-1031-B	Colector de Descarga Gas AP	RBI	CO2	30/01/2009	2021	Falso	RTP	100	A	Inspección on stream	01/06/2002	Falso

Equipo TAG	Componente TAG	Descripción	Tipo de plan	Mecanismo de daño/Norma	Fecha	Año Inspección	Intrusiva?	Método de inspección	Alcance	Efectividad	Familia de inspección	Puesta en servicio	Paro de planta?
V-03	V-03	Tanque de Drenajes	RBI	MIC	20/05/2010	2021	Falso	UTS	100	A	Inspección on stream	01/06/2002	Falso

Equipo TAG	Componente TAG	Descripción	Tipo de plan	Mecanismo de daño/Norma	Fecha	Año Inspección	Intrusiva?	Método de inspección	Alcance	Efectividad	Familia de inspección	Puesta en servicio	Paro de planta?
S-01	S-01	Separador Bifásico	Historial	Atmosférica externa	17/02/2020	2020	Falso	VT	100	A	Inspección on stream	01/06/2002	-
S-01	S-01	Separador Bifásico	Historial	Atmosférica externa	17/02/2020	2020	Falso	UTT	10	A	Inspección on stream	01/06/2002	-
S-01	S-01	Separador Bifásico	Historial	CO2	17/02/2020	2020	Falso	VT	100	D	Inspección on stream	01/06/2002	-
S-01	S-01	Separador Bifásico	Historial	CO2	17/02/2020	2020	Falso	UTT	10	D	Inspección on stream	01/06/2002	-
S-01	S-01	Separador Bifásico	Historial	MIC	17/02/2020	2020	Falso	VT	100	E	Inspección on stream	01/06/2002	-
S-01	S-01	Separador Bifásico	Historial	MIC	17/02/2020	2020	Falso	UTT	10	E	Inspección on stream	01/06/2002	-
S-01	Separador Bifásico	S-01	RBI	MIC	04/01/2026	2026	Falso	UTS	100	A	Inspección on stream	01/06/2002	Falso

Figura 9. Caso de aplicación PTG: Planificador; detalle de los planes de inspección por componente.

### 3. Conclusiones

Dentro del proceso de gestión RBI, se debe desarrollar un plan de inspección basado en riesgo enfocado fundamentalmente en la reducción de la incertidumbre del nivel de riesgo a través de actividades de inspección principalmente.

Las estrategias de inspección a definir deben orientarse principalmente a la realización de inspecciones de alta efectividad en los mecanismos de daño determinados en los equipos de mayor riesgo.

Para lograr una elevada efectividad se conjugan las técnicas más adecuadas para el tipo de defectos esperados, el alcance de inspección y la definición de zonas de susceptibilidad.

Considerando los aspectos y conceptos indicados anteriormente, se desarrolló una funcionalidad innovadora en el software RBI, denominada Planificador de Inspecciones, orientada a sistematizar y optimizar los procesos de selección, programación y gestión de actividades de inspección que surgen como resultantes del análisis de riesgo.

El Planificador facilita el diseño de planes de inspección con la finalidad principal de lograr una reducción y control del riesgo en niveles aceptables, obteniendo las opciones de inspección (combinación de efectividad, alcance, intervalos) más convenientes para optimizar la gestión del riesgo para cada equipo.

Mediante de un algoritmo que considera mecanismos de daño, tipos de componente (particularidades de intercambiadores – mazo desmontable o no, tanques, etc.), métodos de inspección disponibles, alcances posibles, parámetros operativos como temperatura, etc., se obtiene como resultado un programa de inspección en formato calendario.

Una de las funciones principales y aspectos más salientes del Planificador es la optimización de costos de inspección, ya que el algoritmo selecciona la combinación de técnicas-alcances-intervalos de menor costo, asegurando el cumplimiento de las efectividades seleccionadas.

El desarrollo de esta nueva herramienta dentro del software RBI ha contribuido en la mejora de los siguientes aspectos fundamentales de la gestión del riesgo:

- Planificación de actividades de inspección
- Optimización económica y programación de los planes
- Revisión de criterios de inspección

Se presentó un caso de aplicación sobre equipos de una planta de tratamiento de gas (PTG), en la que se obtuvieron, a partir de los resultados de riesgo, el calendario con las actividades de inspección y el detalle de dichos planes para cada componente.

#### 4. Bibliografía

API RP 580 – 3ra Edición 2016, Inspección Basada en Riesgo

API RP 581 – 3ra Edición 2016, Tecnología de Inspección Basada en Riesgo.

API RP571 – 2da Edición 2011, Mecanismos de Daño que afectan equipos fijos en la industria de la refinación.

ASME PCC-3 – Edición 2017, Planificación de la Inspección mediante Metodologías Basadas en Riesgo.

RIMAP – 2004, Procedimientos de Inspección y Mantenimiento Basados en Riesgo para la Industria Europea.

#### 5. Breve CV de los autores

Marcos Meyer

Ingeniero Mecánico, UNMdP; especialización en Ciencia y Tecnología de Materiales del Inst. Sábató (CNEA/UNSAM). Más de 20 años de experiencia en la industria como ingeniero en las áreas de integridad, corrosión e inspección, trabajando tanto en compañías operadoras del sector de petróleo, gas y petroquímica (YPF, Repsol, Pan American Energy) como empresas en el área de consultoría. Instructor en cursos especializados de Sistemas de Gestión de Integridad de Ductos (ASME B31.8S y API 1160) y RBI (Risk Based Inspection API 580/581) brindados a la industria de gas y petróleo. Actualmente se desempeña como Director de Icorr Ingeniería S.A.

Marcos Tissera

Ingeniero en Materiales, Universidad Nacional de Mar del Plata; especialización en Ciencia y Tecnología de Materiales del Inst. Sábató (CNEA/UNSAM). Cuenta con más de 20 años de experiencia en la industria como ingeniero en las áreas de corrosión, inspección e integridad, trabajando en empresas del sector de petróleo y gas, y en el área de consultoría. Profesor adjunto de la UNMdP, Facultad de Ingeniería, Dto. de Materiales, en la cátedra de Corrosión. Instructor en cursos especializados RBI (API RP 580/581) brindados a la industria de gas y petróleo. Actualmente se desempeña como Director de Icorr Ingeniería S.A.

Leo Orfei

Licenciado en Sistemas; cuenta con 20 años de experiencia como administrador de bases de datos y programación en diferentes lenguajes; certificado por Microsoft en SQL Server; líder de proyectos en países de latino américa (Colombia, México, Venezuela, Chile, Bolivia) en el desarrollo y start-up de sistemas para compañías internacionales. Desarrollador líder de software IRISK (soporte informático para análisis RBI), en Icorr Ingeniería S.A.