

	Guía para la Gestión Dinámica del Riesgo de Procesos (GDR)		
	Sistema de Gestión HSE Vicepresidencia HSE		
	CÓDIGO HSE-G-034	Elaborado 25/08/2022	Versión: 3

TABLA DE CONTENIDO

TABLA DE CONTENIDO	1
1 OBJETIVO	2
2 DESARROLLO	2
2.1 REFERENCIAS LEGISLATIVAS, NORMATIVAS Y BIBLIOGRÁFICAS	3
2.2 ALCANCE	4
2.3 GESTIÓN DINÁMICA DEL RIESGO	4
2.3.1 Principios y marco de referencia para la gestión de barreras	5
2.3.2 Proceso para la gestión de barreras.....	7
2.3.3 Tratamiento del riesgo	33
2.3.4 Estrategia de barreras y estándares de desempeño	36
2.3.5 Requisitos específicos para la gestión dinámica del riesgo en pozos	36
2.3.6 Gestión dinámica del riesgo para ductos de transporte en el <i>midstream</i>	37
2.4 REQUISITOS	37
3 CONTINGENCIAS	39
BIBLIOGRAFÍA	41
ANEXO A. IDENTIFICACIÓN Y CRITERIOS DE ESCENARIOS DE ALTA CONSECUENCIA.....	43
ANEXO B. MÉTODO DE CORBATINES	45
ANEXO D. ESTRATEGIA DE BARRERAS Y ESTÁNDARES DE DESEMPEÑO	48

	Guía para la Gestión Dinámica del Riesgo de Procesos (GDR)		
	Sistema de Gestión HSE Vicepresidencia HSE		
	CÓDIGO HSE-G-034	Elaborado 25/08/2022	Versión: 3

1 OBJETIVO

Establecer directrices para la gestión del riesgo de procesos, y condiciones, indicaciones y recomendaciones para la implementación de la Gestión Dinámica del Riesgo (GDR), para soportar los procesos de toma de decisiones con base en riesgo informado.

2 DESARROLLO

Ecopetrol Grupo Empresarial (Ecopetrol G.E.) ha establecido, históricamente, lineamientos para la gestión del riesgo operacional, a fin de promover el cumplimiento de los objetivos establecidos en su Política Integral (SGC-POL-001) [1].

La Guía para la Gestión del Riesgo de Procesos (GRP¹) y Modelo para la Gestión Dinámica del Riesgo (GDR), determinan los lineamientos y el proceso para la implementación de la gestión dinámica del riesgo en Ecopetrol G.E.

Se adopta lo establecido por la norma ISO 31000:2018 [2] y se fundamenta en referentes para la gestión de barreras (*barrier management*), tales como: DNV-GL [3], SINTEF [4] [5], CCPS [6], IOGP [7], entre otros. La gestión de barreras contempla el desarrollo de diagramas de corbatín, los cuales permiten relacionar el peligro, el evento límite, sus posibles causas, sus posibles consecuencias y las medidas de prevención y mitigación establecidas.

Sobre la base de lo anterior, la GDR adopta el concepto de “defensa en profundidad” o “*defence in depth*”, el cual realiza un despliegue jerárquico de elementos y procedimientos con el fin de:

- Asegurar la eficacia de las barreras de prevención y mitigación establecidas, compensar las desviaciones operativas y fallas potenciales de los componentes de los sistemas.
- Mantener la confiabilidad de las medidas ante la ocurrencia de eventos no deseados.
- Proteger a las personas, el ambiente, la infraestructura y la imagen corporativa.

Adoptar una aproximación con base en barreras previene una amplia gama de peligros, incidentes y accidentes HSE, tales como: dispersiones, incendios, explosiones, reventones, entre otros. Al mismo tiempo facilita los procesos de comunicación transdisciplinar, soportándolos en representaciones como el modelo de James Reason o los diagramas de corbatín (Ilustración 1).

¹ ANEXO A. IDENTIFICACIÓN Y CRITERIOS DE ESCENARIOS DE ALTA CONSECUENCIA

	Guía para la Gestión Dinámica del Riesgo de Procesos (GDR)		
	Sistema de Gestión HSE Vicepresidencia HSE		
	CÓDIGO HSE-G-034	Elaborado 25/08/2022	Versión: 3

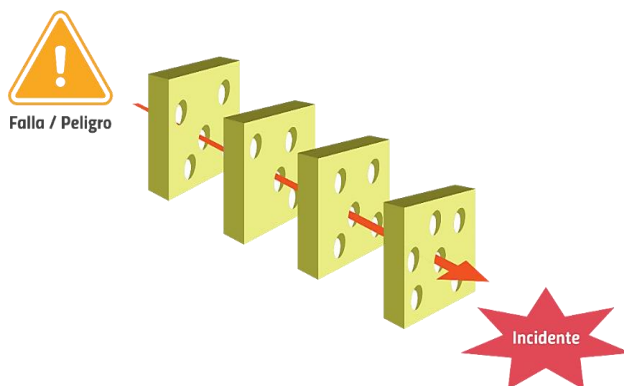


Ilustración 1. Modelo de Reason o queso suizo. Adaptado de [5].

2.1 REFERENCIAS LEGISLATIVAS, NORMATIVAS Y BIBLIOGRÁFICAS

La presente Guía, ha sido diseñada con base en los siguientes referentes legislativos, normativos y bibliográficos:

- Ley 1523 de 2012 [8].
- Decreto 2157 de 2017 [9].
- Decreto 1072 de 2015 [10].
- Decreto 1347 de 2021 [11].
- Resolución 40411 de 2021 [12].
- Resolución 0559 de 2022 [13].
- ISO 31000:2018 [2].
- Guía de Gestión Integrada de Riesgos en el Grupo Ecopetrol (GEE-F-029) [11].
- Guía de Administración de Seguridad de Procesos (HSE-G-037) [12].
- Guía de análisis de riesgos de proceso (HSE-G-050) [13].
- Guía para la Gestión de Riesgos en Proyectos (EDP-G-001) [14].
- Guía para Análisis de Consecuencias y Análisis Cuantitativo del Riesgo (HSE-G-022) [15].
- Guía para la Administración de la Seguridad de Procesos en Proyectos (EDP-G-005) [16].
- Guía Directriz 32: Gerenciamiento dinámico e integral del riesgo (GRB) [17].
- Política Integral de Ecopetrol (SGC-POL-001) [1].
- Sistema de Gestión HSE (HSE-M-003) [18].
- Procedimiento de Evaluación de Riesgos de Integridad para los Ductos de Transporte de CENIT (HSE-PD-062).
- Gestión Integral de Riesgos, Tomo 1 [19]
- *Principles for barrier management in the petroleum industry* [20].
- *Barrier Management in Operation for rig industry: Good Practices* [3].
- *Towards a Holistic Approach for Barrier Management in the Petroleum Industry* [5].
- *Guidance for Barrier Management in the Petroleum* [4].

	Guía para la Gestión Dinámica del Riesgo de Procesos (GDR)		
	Sistema de Gestión HSE Vicepresidencia HSE		
	CÓDIGO HSE-G-034	Elaborado 25/08/2022	Versión: 3

- *Standardization of Barrier Definitions* [21].
- *Layer of Protection Analysis: Simplified process risk assessment* [22].
- *Bow ties in Risk Management: A Concept Book for Process Safety* [6].

2.2 ALCANCE

Esta Guía está dirigida a todos los responsables de garantizar la operación segura de los activos industriales en el Grupo Ecopetrol. Particularmente para los gestores del riesgo operacional asociado con escenarios de alta consecuencia (tierra firme (*on-shore*), costa afuera (*off-shore*), superficie, subsuelo o subsuelo marino (*subsea*)).

2.3 GESTIÓN DINÁMICA DEL RIESGO

Sobre la base de los tres (3) componentes para la gestión del riesgo: 1. Principios, 2. Marco de referencia y 3. Proceso, Ecopetrol G.E. diseñó su estrategia para la Gestión Dinámica de Riesgo (GDR).

El objetivo de la GDR es ofrecer alertas tempranas para soportar los procesos de toma de decisiones, con base en gestión de barreras. La gestión de barreras busca asegurar y garantizar, de forma sistemática y continua, que las medidas definidas para el tratamiento del riesgo son relevantes, efectivas y robustas en el tiempo, mediante:

- La adopción de un proceso sistemático para seleccionar y diseñar medidas de tratamiento, con base en las necesidades de generación y protección del valor (p.ej. activos, acción).
- La selección y el dimensionamiento de barreras robustas, tomando en cuenta la incertidumbre en la valoración del riesgo.
- El entendimiento que la gestión de barreras requiere ciclos iterativos de mejora continua.

Esta aproximación hace parte integral del Sistema de Gestión HSE, el cual hace parte a su vez del Sistema de Gestión de Gobierno Corporativo (Ilustración 2).

Como se mencionó con anterioridad, adoptar una aproximación con base en barreras resulta pertinente para prevenir y afrontar una amplia gama de peligros, incidentes HSE (p.ej. dispersiones, incendios, explosiones, reventones *-blowouts-*, contactos eléctricos, radiaciones, caídas, aplastamientos).

	Guía para la Gestión Dinámica del Riesgo de Procesos (GDR)		
	Sistema de Gestión HSE Vicepresidencia HSE		
	CÓDIGO HSE-G-034	Elaborado 25/08/2022	Versión: 3

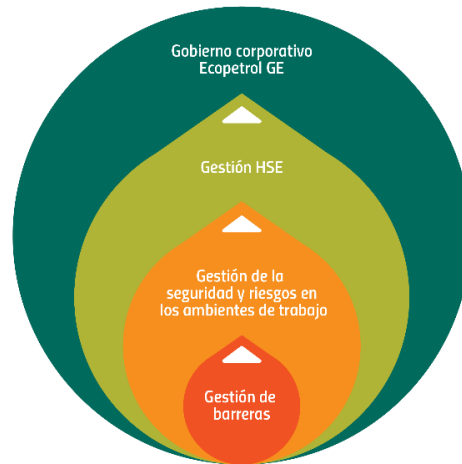


Ilustración 2. Sistema de gestión de gobierno corporativo.

2.3.1 Principios y marco de referencia para la gestión de barreras

Los requerimientos internos y externos, así como los principios y el marco de referencia, establecen el proceso de gestión de barreras en instalaciones o proyectos específicos. Las leyes, decretos, códigos, regulaciones, estándares internacionales y guías de buenas prácticas proveen los requerimientos externos, mientras que las guías internas y procedimientos proveen los requerimientos internos de Ecopetrol G.E. (Ilustración 3).

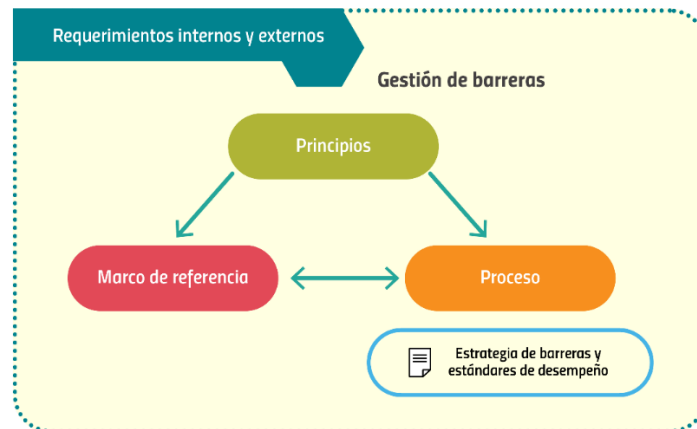


Ilustración 3. Generalidades del proceso de gestión de barreras. Adaptado de [4].

Todos los peligros de una instalación, proceso o actividad deben ser identificados y listados, y deben ser establecidas sus fuentes y las consecuencias ante su eventual liberación no controlada o planeada; para posteriormente valorar el riesgo de materialización del evento peligroso, utilizando la matriz de

	Guía para la Gestión Dinámica del Riesgo de Procesos (GDR)		
	Sistema de Gestión HSE Vicepresidencia HSE		
	CÓDIGO HSE-G-034	Elaborado 25/08/2022	Versión: 3

valoración de riesgos, (RAM). El resultado de dicho ejercicio permite identificar y jerarquizar los escenarios de interés, los cuales serán objeto de seguimiento por la GDR.

Esta guía aplica para todas las etapas en el ciclo de vida del activo industrial, el cual incluye las instancias de diseño, construcción, comisionamiento, operación, mantenimiento, abandono y desincorporación (Tabla 1).

Tabla 1. Ejemplos de actividades durante las fases de diseño y operación del ciclo de vida.

Diseño	Operación/Mantenimiento/Abandono
Preparar el plan de gestión de barreras	Revisar definición de áreas
Definir y verificar áreas operativas	Revisar y actualizar escenarios de interés
Identificar escenarios de interés	Revisar y actualizar análisis de barreras
Establecer estrategia inicial de barreras	Revisar y actualizar estándares de desempeño
Establecer estándares de desempeño iniciales	Revisar sistema para el monitoreo del estado y desempeño de las barreras
Establecer sistema para el monitoreo del estado y desempeño de las barreras	Actualización de plan de gestión de barreras

Ecopetrol G.E. adopta la estandarización establecida por la *International Association of Oil & Gas Producers* (IOGP) donde se tipifican y categorizan las barreras de seguridad de procesos [21].

Una barrera es un elemento técnico, operativo u organizacional que tiene la intención individual o colectiva de reducir la posibilidad de que una amenaza libere el peligro, o que, a pesar de ocurrir la liberación, limite sus daños o consecuencias. Las barreras pueden ser de dos (2) tipos [7]:

- i. Barreras físicas (*hardware barriers*): Contenciones primarias, equipos de proceso y sistemas de ingeniería diseñados y mantenidos para prevenir las pérdidas de contención primaria y la pérdida de integridad de los activos, o prevenir la ocurrencia de incidentes de seguridad de procesos y mitigar sus potenciales consecuencias. Las barreras de este tipo son verificadas y mantenidas por personas (tareas o actividades críticas).
- ii. Barreras humanas (*human barriers*): Son aquellas que dependen de las acciones de personas capaces de llevar a cabo actividades diseñadas para prevenir las pérdidas de contención primarias y la pérdida de integridad de los activos, o prevenir la ocurrencia de incidentes de seguridad de procesos y mitigar sus potenciales consecuencias.

La IOGP categoriza las barreras físicas en ocho (8) categorías y las barreras humanas en seis (6) categorías, que se encuentran tabuladas con sus respectivos ejemplos en el Anexo B.

Para efecto de esta Guía y con el ánimo de facilitar la caracterización de las barreras, se propone diferenciar si las barreras son de tipo activo o pasivo (Ver sección 2.3.2.3). En este punto, es importante recordar que algunas barreras físicas podrán ser consideradas como una *Independent Protection Layer* (IPL), cuando se cumplan los criterios establecidos.

	Guía para la Gestión Dinámica del Riesgo de Procesos (GDR)		
	Sistema de Gestión HSE Vicepresidencia HSE		
	CÓDIGO HSE-G-034	Elaborado 25/08/2022	Versión: 3

Para efectos de esta Guía, la tipología de barreras IOGP se complementa con CCPS [6] [22] y SINTEF [4] [5], para definir los tipos de barreras a ser utilizados en esta Guía (Tabla 2).

Tabla 2. Tipos de barreras HSE-G-034. Adaptado de [6].

Tipo barrera HSE-G-034	Descripción del tipo	Ejemplos
Barrera física pasiva	Sistema que está continuamente presente y su función se consigue sin realizar acciones.	Diques, pintura anticorrosión, muros.
Barrera física activa	Requiere alguna acción para desempeñar su función. Se requieren los elementos de detección, decisión y acción.	Sistema de control de procesos, sistemas instrumentados de seguridad (SIS).
Barrera física activa + humana	Los elementos de detección, decisión y acción se consiguen mediante una mezcla de elementos físicos y humanos.	Válvulas manuales, alarma de gases con decisión de acciones por parte del operador.
Barrera humana (activa)	Todas las barreras humanas son activas. Las funciones de detección, decisión y acción se logran por medio de acciones humanas. Puede tenerse alguna intervención de elementos técnicos.	Protocolos de decisión y respuesta por parte del operador entrenado.
Barrera física continua	La función de barrera se consigue por medio de una acción que se lleva a cabo constantemente.	Sistemas de ventilación, sistema de protección catódica.

Notas: algunas barreras de mitigación, tales como el control de ignición, son una mezcla de barreras pasivas y físicas activas. Recuerde que una barrera puede ser catalogada como una IPL y si esto ocurre, debe ser identificada por el grupo multidisciplinario.

2.3.2 Proceso para la gestión de barreras

El manejo efectivo de las barreras es una condición fundamental para la GDR y la sostenibilidad de la operación. Su premisa indica que será poco probable que se presente un incidente si las barreras "cubren" el riesgo identificado y para ello, se hace necesario:

- Entender plenamente el contexto de la instalación.
- Reconocer la incertidumbre en la evaluación del riesgo.
- Asegurar la evaluación y la consistencia de las alternativas de tratamiento en el momento adecuado.
- Seleccionar medidas que correspondan con el nivel de riesgo valorado y sean consistentes con el nivel de incertidumbre (pasado, presente y futuro).

	Guía para la Gestión Dinámica del Riesgo de Procesos (GDR)		
	Sistema de Gestión HSE Vicepresidencia HSE		
	CÓDIGO HSE-G-034	Elaborado 25/08/2022	Versión: 3

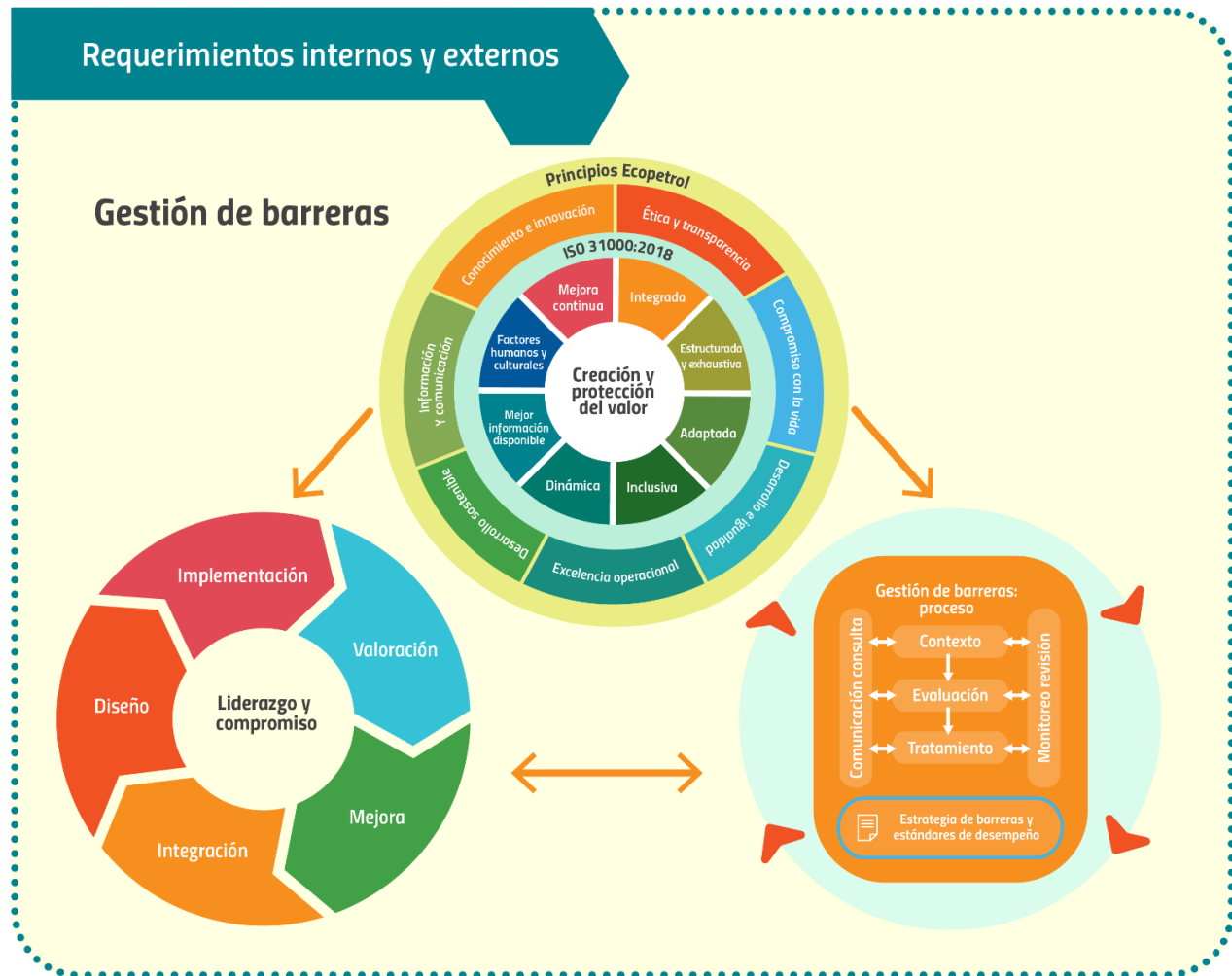


Ilustración 4. Proceso de gestión de barreras. Adaptado de: [5].

El proceso de gestión de barreras incorpora tres (3) grandes etapas (Ilustración 4):

- Determinación del contexto.
- Evaluación dinámica de riesgo.
- Tratamiento del riesgo.

La Ilustración 5 muestra con más detalle cada una de las etapas del proceso GDR.

	Guía para la Gestión Dinámica del Riesgo de Procesos (GDR)		
	Sistema de Gestión HSE Vicepresidencia HSE		
	CÓDIGO HSE-G-034	Elaborado 25/08/2022	Versión: 3

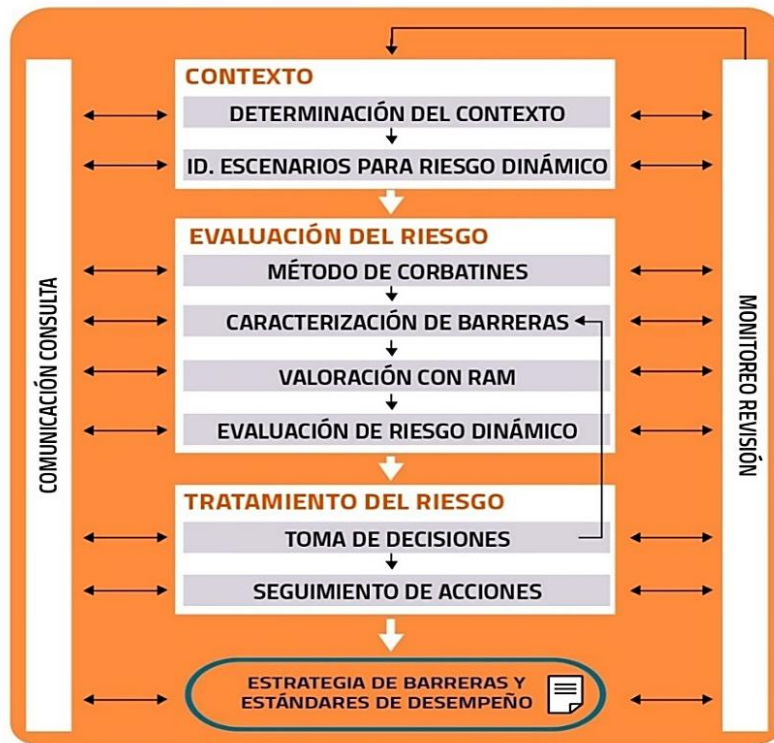


Ilustración 5. Proceso de gestión de barreras detallado. Adaptado de: [5].

2.3.2.1 Determinación del contexto

La determinación del contexto incluye identificar cuáles serán los escenarios de interés para considerar en la GDR y realizar la delimitación del contexto.

2.3.2.1.1 Descripción del contexto

Se entenderá por contexto a la definición de los parámetros operativos y los lineamientos del proyecto, proceso o la actividad (externos e internos) que sean relevantes para ejecutar las otras etapas del proceso de GRP, lo cual incluye:

- Requisitos legislativos, normativos y corporativos que apliquen.
- Las estrategias definidas por el negocio y el G.E. para gestionar sus riesgos y barreras.
- El diseño y las condiciones actuales del proyecto, proceso o actividad.

	Guía para la Gestión Dinámica del Riesgo de Procesos (GDR)		
	Sistema de Gestión HSE Vicepresidencia HSE		
	CÓDIGO HSE-G-034	Elaborado 25/08/2022	Versión: 3

Dado lo anterior, el establecimiento de un contexto adecuado garantiza que los productos de este proceso se puedan implementar y comunicar efectivamente. De una exhaustiva identificación de peligros y sucesos dependerá el desempeño de las barreras.

Ejemplo: la identificación de peligros y sucesos en una zona de bombas contra incendio debe identificar todos los peligros y sucesos relacionados con el área, aquellos que tengan el potencial de afectar la funcionalidad del sistema, de manera total o parcial, y causar daño en los elementos potencialmente expuestos (p.ej. no funcionamiento del sistema o bajo desempeño del sistema en solicitud). Por otra parte, los estudios de dosimetría son un ejemplo típico de identificación de peligros y sucesos por exposición, los cuales se derivan de condiciones esporádicas de los procesos como las emisiones fugitivas (p.ej. ruido, concentración de sustancias químicas peligrosas).

En toda descripción del contexto, se debe incluir una breve descripción de las instalaciones y a continuación una división de estas en sus diferentes áreas, teniendo en cuenta que cada una de estas tiene características específicas (p.ej. barreras, eventos). El nivel de riesgo será utilizado como criterio para la división de las áreas, el cual no debe variar significativamente. Si este nivel varía significativamente dentro de un área, las barreras necesarias también variarán.

Nota: la estrategia de barreras debe ser específica para cada una de las áreas definidas. Se recomienda limitar el número de áreas principales, para evitar tener un proceso de gestión de barreras muy complejo. Algunos ejemplos típicos de "áreas principales" en una instalación costa afuera, son: zona de proceso, zona de servicios públicos, zona de alojamiento del personal, etc.

La descomposición de un sistema complejo en áreas con riesgo homogéneo, permitirá que las barreras diseñadas tomen en cuenta:

- Los peligros y sucesos finales que puedan ocurrir en cada área de estudio.
- Los incidentes que ocurren en otras áreas que podrían exponer el área de interés.

La identificación de peligros y sucesos debe ser el resultado de la aplicación de métodos PHA², sobre la base de lo establecido en la Guía HSE-G-050.

2.3.2.1.2 Identificación de escenarios de interés

Los escenarios de particular interés para la GDR en el G.E. son aquellos de alta consecuencia. En el Ilustración 6 se presentan cuáles son los escenarios que se consideran escenarios de alta consecuencia.

² PHA: Process hazard analysis o process hazard evaluation (PHA)

	Guía para la Gestión Dinámica del Riesgo de Procesos (GDR)		
	Sistema de Gestión HSE Vicepresidencia HSE		
	CÓDIGO HSE-G-034	Elaborado 25/08/2022	Versión: 3

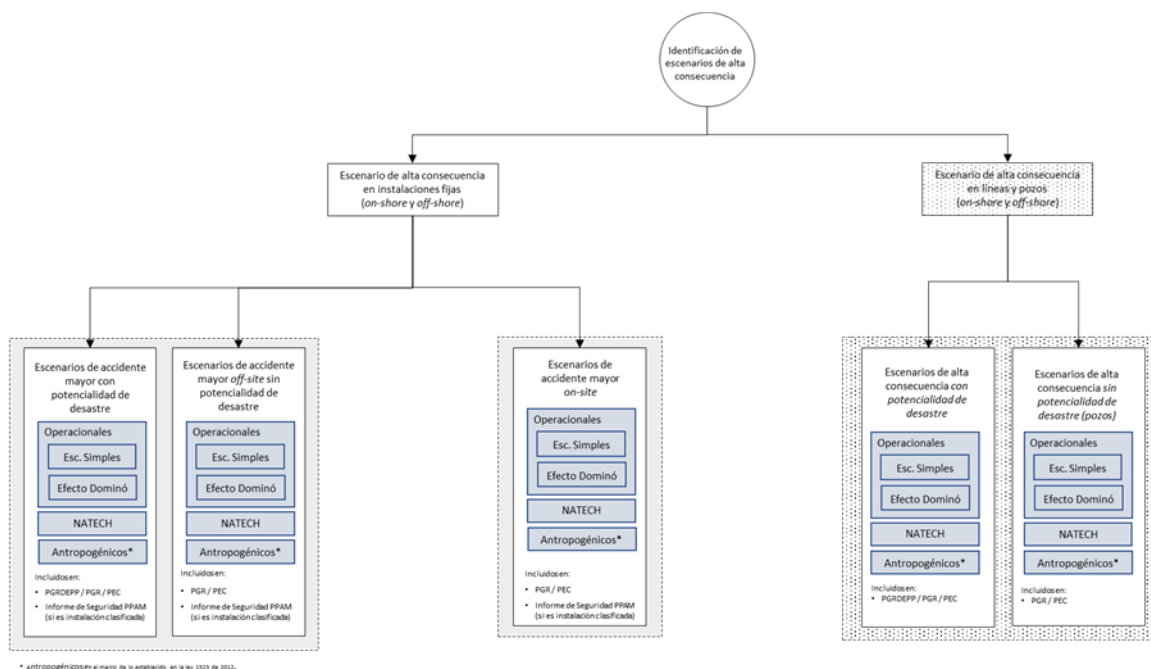


Ilustración 6. Clasificación de escenarios de alta consecuencia

En la definición de escenarios de alta consecuencia prima el criterio experto del equipo multidisciplinario del área (foco seguridad de procesos). Este equipo es quien define los escenarios de alta consecuencia con potencialidad de desastre, con base en:

1. La definición de desastre de la ley 1523 de 2012 (desastre): "Es el resultado que se desencadena de la manifestación de uno o varios eventos naturales o antropogénicos no intencionales que al encontrar condiciones propicias de vulnerabilidad en las personas, los bienes, la infraestructura, los medios de subsistencia, la prestación de servicios o los recursos ambientales, causa daños o pérdidas humanas, materiales, económicas o ambientales, generando una alteración intensa, grave y extendida en las condiciones normales de funcionamiento de la sociedad, que exige del Estado y del sistema nacional ejecutar acciones de respuesta a la emergencia, rehabilitación y reconstrucción"; y
2. Los criterios de referencia emitidos en esta guía, los cuales deben ser utilizados como guía, más no como criterios únicos; y
3. Los análisis de efectos, consecuencia y riesgo con que cuenta el área; y
4. El contexto externo específico en que se enmarca la actividad; y
5. Los referentes internacionales para la definición de escenarios de accidente mayor con base en el número de fatalidades de personas involucradas con la operación (5 fatalidades) [23]; y
6. Los requerimientos históricos y solicitudes que ha recibido el área por parte de autoridades ambientales, entes de control, etc.

	Guía para la Gestión Dinámica del Riesgo de Procesos (GDR)		
	Sistema de Gestión HSE Vicepresidencia HSE		
	CÓDIGO HSE-G-034	Elaborado 25/08/2022	Versión: 3

Pueden existir casos umbral donde el equipo multidisciplinario del área debe complementar los criterios emitidos con los principios incluidos en la Ley 1523 de 2012 y los corporativos.

Dentro de la valoración de escenarios de alta consecuencia se deben considerar todos los escenarios cuya causa sea operacional, bien sea simple o de efecto dominó, de origen natural (NATECH) o antropogénicos en el marco de lo establecido en la ley 1523 de 2012.

Para la identificación de un escenario como de origen natural (NATECH) se debe tener en cuenta que son aquellos generados por amenazas de origen natural que puedan desencadenar riesgos directos e indirectos no previstos, que afecten al proyecto y generar consecuencias sobre el ambiente (medios abióticos, biótico y socio-económico) [9] [24]

Un escenario de efecto domino corresponde a la concatenación de efectos que multiplica las consecuencias de un accidente, debido a que los fenómenos peligrosos puedan afectar, además de los elementos vulnerables exteriores, a otros recipientes, tuberías o equipos del mismo establecimiento o de otros establecimientos próximos, de tal manera que se produzca una nueva fuga, incendio o explosión, que genere a su vez nuevos fenómenos amenazantes. Para la identificación de un posible efecto dominó se establecen los siguientes valores umbrales (ver Tabla 3).

Tabla 3. Criterios de efectos para escenarios con efecto dominó

Vector de escalación	Umbral	Categoría de equipo	Referencia
Radiación térmica (kW/m ²)	14,5	Todos los equipos	DM 151-2001
Sobrepresión (kPa)	30		
Proyectiles (m)	800		

2.3.2.1.2.1 Instalaciones fijas

Sitios en donde se presenta una delimitación de esta dentro de un área de la compañía u operada por esta, tales como plantas, estaciones, refinerías, muelles, etc. Estas pueden estar ubicadas en tierra firme como costa afuera (off shore). Para esta infraestructura, un "Accidente Mayor" se define en términos generales, como todo acontecimiento repentino, como una emisión, un incendio o una explosión de gran magnitud, en el curso de una actividad en una instalación clasificada y que trascienda su perímetro, en el que estén implicadas una o varias sustancias químicas peligrosas y que exponga a los trabajadores, a la población, a los bienes, a la infraestructura o al ambiente a un peligro grave, inmediato o diferido [25].

a. Escenarios de accidente mayor con potencialidad de desastre

Estos escenarios se tipifican de acuerdo con lo expuesto en la Ley 1523 de 2012, en la cual, un desastre *es el resultado que se desencadena de la manifestación de uno o varios eventos naturales o **antropogénicos no intencionales** que al encontrar condiciones propicias de vulnerabilidad en las personas, los bienes, la infraestructura, los medios de subsistencia, la prestación de servicios o los*

	Guía para la Gestión Dinámica del Riesgo de Procesos (GDR)		
	Sistema de Gestión HSE Vicepresidencia HSE		
	CÓDIGO HSE-G-034	Elaborado 25/08/2022	Versión: 3

recursos ambientales, **causa daños o pérdidas humanas, materiales, económicas o ambientales**, generando una **alteración intensa, grave y extendida** en las condiciones normales de funcionamiento de la sociedad, que **exige del Estado** y del sistema nacional ejecutar acciones de respuesta a la emergencia, rehabilitación y reconstrucción (Ley 1523 de 2012).

Sobre la base de lo anterior, Ecopetrol ha esbozado los siguientes criterios para tipificar a un “escenario de riesgo tecnológico” como un “escenario con potencialidad de desastre”. Los criterios propuestos toman en consideración únicamente a la consecuencia del escenario sin tener en cuenta su probabilidad de ocurrencia. En ausencia de criterios nacionales y a la luz de las definiciones adoptadas por la Oficina de las Naciones Unidas para la Reducción del Riesgo de Desastres, un escenario de riesgo tecnológico será tipificado como un escenario de riesgo con potencialidad de desastre cuando cumpla al menos uno (1) de los siguientes criterios:

- Escenarios que tengan la potencialidad de generar un número de fatalidades igual o superior a 30 personas no involucradas con la operación³, o
- Escenarios que tengan la potencialidad de generar destrucción de un número igual o superior a seiscientas (600) viviendas⁴, o
- Escenarios de pérdida de contención que requieran evacuación de más de 600 hogares por más de cinco (5) días (aproximadamente 1860 personas⁵), o
- Escenarios que tengan la potencialidad de comprometer el suministro de servicios vitales, a más de 50.000 habitantes, o
- Escenarios que tengan la potencialidad de generar afectaciones ambientales intensas, graves y extendidas, y que, dada la peligrosidad de las sustancias involucradas, requieran de procesos de recuperación ambiental complejos, o
- Escenarios en puertos fluviales y costeros que tengan la potencialidad de generar afectación ambiental intensa, grave y extendida, como consecuencia de la peligrosidad de las sustancias involucradas y el difícil control de la fuente de emisión, o
- Escenarios en operaciones costa afuera que tengan la potencialidad de generar una pérdida de contención intensa, grave y extendida (p.ej. blow-out, pérdida *subsea*).

b. Escenarios de accidente mayor off-site sin potencialidad de desastre

Un escenario de riesgo tecnológico será tipificado como un escenario de accidente mayor *off-site* distinto a desastre cuando cumpla al menos uno (1) de los siguientes criterios:

- Escenarios con presencia de intereses poblacionales *off-site* e isocontornos de efectos que trasciendan el perímetro del establecimiento (únicamente en presencia de interés poblacionales):
 - Efectos tóxicos: 1% de letalidad (Probit efecto tóxico).
 - Efectos por sobrepresión: 1% de letalidad (Probit efecto sobrepresión).
 - Efectos por radiación térmica: 1% de letalidad (Probit efecto radiación térmica).

³ <https://www.preventionweb.net/risk/intensive-extensive-risk>

⁴ <https://www.preventionweb.net/risk/intensive-extensive-risk>

⁵ Calculado con base en datos DANE, 3,1 integrantes por hogar (2019).

	Guía para la Gestión Dinámica del Riesgo de Procesos (GDR)		
	Sistema de Gestión HSE Vicepresidencia HSE		
	CÓDIGO HSE-G-034	Elaborado 25/08/2022	Versión: 3

- Llamada: 0,5 LFL.
- Escenarios de pérdida de contención que tengan la potencialidad de generar afectaciones ambientales intensas y graves, y que, dada la peligrosidad de las sustancias involucradas, requieran de procesos de recuperación ambiental complejos, o
- Escenarios de pérdida de contención en puertos fluviales y costeros que puedan generar afectación ambiental intensa y graves, como consecuencia de la peligrosidad de las sustancias involucradas y el difícil control de la fuente de emisión, o
- Escenarios de pérdida de contención en operaciones costa afuera que puedan generar afectación ambiental intensa y graves.

c. Escenarios de accidente mayor *on-site*

Un escenario de riesgo tecnológico será tipificado como un escenario de accidente mayor *on-site* cuando cumplan los siguientes criterios:

- Escenarios que tengan la potencialidad de ocasionar fatalidades en las edificaciones permanentemente ocupadas (Ref. API RP 752 y 753 – ver nota general), o
- Económico: escenarios que tienen el potencial de generar pérdidas económicas por un monto igual a superior a 10 millones de dólares, o
- Ambiental: escenarios que tienen el potencial de generar derrames de hidrocarburos o sustancias que tengan el potencial de afectar de manera directa áreas ambientalmente sensibles, áreas de importancia ecológica declaradas, y/o afectación de fauna asociada a estos ecosistemas, o
- Imagen y reputación: escenarios que tienen el potencial de generar un cubrimiento inmediato y en directo en el sitio del evento (nacional e internacional).

2.3.2.1.2.2 Líneas y pozos

Para líneas y pozos se definen los siguientes criterios:

a. Escenarios de alta consecuencia con potencialidad de desastre

En ausencia de criterios nacionales y a la luz de las definiciones adoptadas por la Oficina de las Naciones Unidas para la Reducción del Riesgo de Desastres, un escenario de riesgo tecnológico será tipificado como un escenario de riesgo con potencialidad de desastre cuando cumpla al menos uno (1) de los siguientes criterios:

- Escenarios que tengan la potencialidad de generar un número de fatalidades igual o superior a 30 personas no involucradas con la operación⁶, o
- Escenarios que tengan la potencialidad de generar destrucción de un número igual o superior a seiscientos (600) viviendas⁷, o

⁶ <https://www.preventionweb.net/risk/intensive-extensive-risk>

⁷ <https://www.preventionweb.net/risk/intensive-extensive-risk>

	Guía para la Gestión Dinámica del Riesgo de Procesos (GDR)		
	Sistema de Gestión HSE Vicepresidencia HSE		
	CÓDIGO HSE-G-034	Elaborado 25/08/2022	Versión: 3

- Escenarios de pérdida de contención que requieran evacuación de más de 600 hogares por más de cinco (5) días (aproximadamente 1860 personas⁸), o
- Escenarios que tengan la potencialidad de comprometer el suministro de servicios vitales, a más de 50.000 habitantes, o
- Escenarios que tengan la potencialidad de generar afectaciones ambientales intensas, graves y extendidas, y que, dada la peligrosidad de las sustancias involucradas, requieran de procesos de recuperación ambiental complejos, o
- Escenarios en puertos fluviales y costeros que tengan la potencialidad de generar afectación ambiental intensa, grave y extendida, como consecuencia de la peligrosidad de las sustancias involucradas y el difícil control de la fuente de emisión, o
- Escenarios en operaciones costa afuera que tengan la potencialidad de generar una pérdida de contención intensa, grave y extendida (p.ej. blow-out, pérdida *subsea*).

b. Escenarios de alta consecuencia sin potencialidad de desastre en pozos

Un escenario de riesgo tecnológico será tipificado como un escenario de alta consecuencia sin potencialidad de desastre cuando cumpla al menos uno (1) de los siguientes criterios:

- Escenarios que tengan la potencialidad de generar una (1) o más fatalidades de personas no involucradas con la operación, o
- Escenarios que tengan la potencialidad de comprometer la vida de tres (3) o más personas involucradas con la operación, o
- Escenarios que tengan la potencialidad de generar destrucción de una (1) o más viviendas, o
- Escenarios de pérdida de contención que requieran evacuación de más de 60 hogares (aproximadamente 210 personas), o
- Escenarios de pérdida de contención que puedan comprometer el suministro de servicios vitales, o
- Escenarios de pérdida de contención que tengan la potencialidad de generar afectaciones ambientales intensas y graves, y que, dada la peligrosidad de las sustancias involucradas, requieran de procesos de recuperación ambiental complejos.

Adicional a los escenarios anteriormente mencionados, cada negocio podrá determinar escenarios adicionales a ser incluidos en la GDR. Para el proceso EDP, o el modelo de proyectos utilizado por las empresas filiales, los escenarios de interés deben estar consignados en la "Estrategia específica de barreras y estándares de desempeño".

Con el ánimo de implementar los criterios precedentes, se plantean la siguiente transición:

- Los escenarios simples de alta consecuencia en instalaciones fijas deben ser comunicados al corporativo antes del 30/11/2022:
 - Escenarios de accidente mayor con potencialidad de desastre
 - Escenarios de accidente mayor off-site sin potencialidad de desastre

⁸ Calculado con base en datos DANE, 3,1 integrantes por hogar (2019).

	Guía para la Gestión Dinámica del Riesgo de Procesos (GDR)		
	Sistema de Gestión HSE Vicepresidencia HSE		
	CÓDIGO HSE-G-034	Elaborado 25/08/2022	Versión: 3

- Escenario de accidente mayor on-site
- Los escenarios de alta consecuencia con potencialidad de desastre en líneas y pozos deben ser comunicados al corporativo antes del 30/11/2022.
- Los escenarios de alta consecuencia sin potencialidad de desastre en pozos deben ser comunicados al corporativo antes del 20/03/2023.
- Los escenarios por efecto dominó deben ser comunicados al corporativos antes del 20/06/2023:
 - Instalaciones fijas.
 - Pozos.
 - Líneas.
- Los escenarios NATECH deben ser comunicados al corporativo 90 días después de la emisión del primer lineamiento específico.

En el Anexo A se presenta de forma condensada el diagrama de identificación de escenarios de alta consecuencia y los criterios específicos para asignar cada una de las tipologías.

2.3.2.2 Evaluación dinámica del riesgo

La evaluación dinámica del riesgo está constituida por tres (3) etapas:

- Construcción de corbatines (método del corbatín).
- Caracterización de barreras.
- Valoración y evaluación del riesgo.

El documento ECP-DHS-P-011, o aquel que lo modifique, complemente o derogue [25], establece el procedimiento para la gestión de los riesgos de seguridad industrial y de procesos, haciendo uso del método del corbatín (Ver Ilustración 7).

	Guía para la Gestión Dinámica del Riesgo de Procesos (GDR)		
	Sistema de Gestión HSE Vicepresidencia HSE		
	CÓDIGO HSE-G-034	Elaborado 25/08/2022	Versión: 3

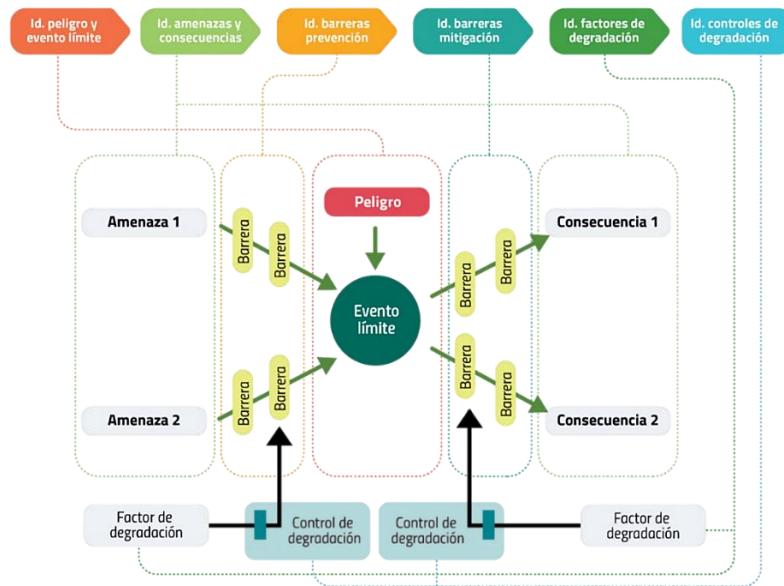


Ilustración 7. Método de corbatín.

En este método, el peligro es una fuente, elemento, condición o situación que por su contenido de energía tiene el potencial de causar daño a las personas (lesión o enfermedad), las finanzas de la organización, el ambiente, los clientes o la reputación de la empresa. El evento límite es la liberación del peligro debido a unas causas o amenazas. Este evento es el punto central del diagrama de corbatín y se conoce también como evento tope o peligroso. Las consecuencias son los resultantes no deseados a partir del evento límite y las amenazas son los mecanismos que pueden ocasionar la liberación del peligro. Las barreras de la izquierda se llaman de barreras de prevención y son las que tienen la posibilidad de prevenir la ocurrencia de las amenazas o de detener la amenaza antes de escalar a un evento límite. Las barreras a la derecha son las barreras de mitigación y estás pueden controlar que un evento límite desencadene en unas consecuencias o mitigar su potencial afectación. Los factores de degradación son aquellas causas directas o desencadenantes de falla o debilitamiento de las barreras. Y, finalmente, los controles de degradación son las medidas que controlan a los factores de degradación.

Los corbatines de los escenarios de interés GDR deben ser elaborados por un equipo multidisciplinario, encargado de la gestión integral del activo. Su constitución se sugiere en la sección de requisitos del presente documento.

Para realizar el taller de corbatines, el equipo multidisciplinario debe contar con la asignación de los roles relacionados en la Tabla 4.

Tabla 4. Roles para la elaboración de corbatines

Rol	Descripción
-----	-------------

	Guía para la Gestión Dinámica del Riesgo de Procesos (GDR)		
	Sistema de Gestión HSE Vicepresidencia HSE		
	CÓDIGO HSE-G-034	Elaborado 25/08/2022	Versión: 3

Facilitador	Su labor principal es guiar el proceso y motivar el equipo. Debe contar con conocimiento específico en el método del corbatín y es ideal que tenga experiencia en otras técnicas PHA (p.ej. HAZOP, LOPA, análisis de consecuencias, QRA, etc.). Adicionalmente, debe tener excelentes habilidades de comunicación, análisis y síntesis.
Documentador(es)	Su labor principal es documentar el desarrollo de la sesión, registrando la discusión que se está dando y desarrollando la primera versión del corbatín. Puede ser una persona con menos experiencia que el facilitador; sin embargo, debe contar con experiencia básica en técnicas PHA similares. El documentador debe estar familiarizado con el uso del software especializado, si es utilizado. Es posible que el facilitador realice simultáneamente la labor de documentador; sin embargo, aunque puede disminuir los costos, también podrá ralentizar el desarrollo de las sesiones.
Especialista(s)	Su labor principal es aportar su conocimiento y experiencia durante el taller. Se recomienda contar con un equipo diverso en términos de conocimientos, que conozca las barreras y controles de degradación presentes (incluyendo barreras físicas y humanas), las operaciones y el mantenimiento de las instalaciones. Se requiere contar con experiencia previa en caracterización de barreras.

Nota: un equipo típico estará conformado por 5-8 personas; sin embargo, este número puede ser un poco mayor en caso de tener un proceso muy complejo, debe tenerse en cuenta que tener equipos muy grandes harán más difícil la labor del facilitador.

El ciclo de vida de un análisis de corbatín está constituido por ocho (8) etapas secuenciales, las cuales son:

1. Identificación del peligro y el evento límite.
2. Identificación amenazas y consecuencias.
3. Identificación y caracterización de las barreras de prevención.
4. Identificación y caracterización de las barreras de mitigación
5. Identificación de los factores de degradación.
6. Identificación y caracterización de los controles de degradación.
7. Incorporación del corbatín en el Plan Decenal ARP.
8. Diseño del plan de mejora continua de gestión de barreras (p.ej. GESDIRI).

El desarrollo e implementación del presente procedimiento deberá hacer parte de los planes HSE de cada unidad operativa, facilitando así su seguimiento trimestral. Es importante mencionar que el equipo multidisciplinario puede utilizar el método de corbatín en cualquier fase del ciclo de vida en la que se encuentre el activo (desde su diseño hasta su desincorporación o desmantelamiento).

Para obtener más información acerca del desarrollo de los corbatines puede consultarse la bibliografía relacionada: *Bow ties in Risk Management: A Concept Book for Process Safety*, CCPS in association with the Energy Institute, 2018 [6].

	Guía para la Gestión Dinámica del Riesgo de Procesos (GDR)		
	Sistema de Gestión HSE Vicepresidencia HSE		
	CÓDIGO HSE-G-034	Elaborado 25/08/2022	Versión: 3

2.3.2.3 Caracterización de las barreras

Una vez que los escenarios de interés han sido descritos, se deben identificar y caracterizar las barreras de prevención y mitigación. Los activos industriales en operación deben realizar la caracterización de las barreras, tomando como marco de referencia la Tabla 5.

Por otra parte, los proyectos nuevos deben entregar un documento denominado “Estrategia de barreras y estándares de desempeño” [5], tomando como guía lo establecido en el Anexo D.

Para que una barrera sea considerada como tal, debe ser [25]:

- **Efectiva:** describe su nivel de atenuación y control de la amenaza o el evento límite. Lo anterior indica que la barrera está disponible, funciona con integridad y es la indicada.

Ejemplo: una barrera no es efectiva si no tiene la capacidad de evitar que se presente el evento no deseado. Los detectores de gas no corresponden con una barrera efectiva, estos son sólo elementos. Una barrera efectiva sería el “Sistema de detección de gases, controlador y sistema de apagado de emergencia”.

- **Independiente:** describe su nivel de autonomía e interdependencia con otros sistemas o elementos. Las barreras o controles deben ser física y funcionalmente independientes de las amenazas y de otras barreras (*pathway*⁹).

Ejemplo: una barrera no es independiente si tiene un modo común de falla, por ejemplo, no son independientes varias barreras que dependan del mismo sistema para operar, o barreras de instrumentación que dependan del mismo PLC.

- **Auditable:** Describe su nivel de auditabilidad o verificación. Se refiere al hecho de que la barrera puede ser evaluada para verificar su efectividad, por lo tanto, deben estar diseñadas para facilitar su verificación, mediante:
 - Pruebas periódicas, inspecciones, mantenimiento preventivo, entre otros.
 - Documentación disponible y de fácil acceso.
 - Demostrar su funcionalidad en cualquier momento.

Nota: cada barrera debe tener, un responsable¹⁰, al menos una actividad que la mantenga y una programación establecida en el CMMS¹¹ del activo (p.ej. SAP o su equivalente).

Es importante diferenciar entre salvaguardas y barreras. Una salvaguarda es un elemento, sistema o acción que interrumpe la cadena de eventos que siguen a un evento iniciador o que mitiga las consecuencias [27]. Sin embargo, para ser catalogada como barrera debe cumplir con los tres (3) criterios: efectiva, independiente y auditable. Por tal motivo, no toda salvaguarda se constituye en una barrera.

⁹ Ver *Bow ties in Risk Management: A Concept Book for Process Safety, CCPS in association with the Energy Institute*, 2018.

¹⁰ Quien rinde cuentas por su desempeño y su mantenimiento

¹¹ CMMS: gestión de mantenimiento asistido por computador, por sus siglas en inglés “*Computerized maintenance management system*”, es una herramienta de software que ayuda en la gestión de los servicios de mantenimiento de una organización.

	Guía para la Gestión Dinámica del Riesgo de Procesos (GDR)		
	Sistema de Gestión HSE Vicepresidencia HSE		
	CÓDIGO HSE-G-034	Elaborado 25/08/2022	Versión: 3

Toda barrera debe ser caracterizada por el equipo multidisciplinario, en términos de su tipo, función, elementos y demás descriptores incluidos en la Tabla 5.

Tabla 5. Caracterización de las barreras

Descriptores	Descripción	
Código de la barrera	Código que identifica la barrera.	
Nombre de la barrera	Nombre utilizado en los corbatines.	
Función de la barrera	Función de la barrera.	
Elementos de la barrera	Elementos técnicos, operativos y organizacionales que la componen (documentos relacionados, equipos, información del fabricante, etc.).	
Posicionamiento de la barrera	La barrera existe o se propone durante el taller (nueva o existente).	
Tipo	Físicas pasivas, Físicas activas, Físicas activas + humanas, Humanas, Físicas continuas.	
Efectividad	Físicas pasivas (5+)	Muy efectivas
	Físicas activas (4+)	Más efectivas
	Físicas activas + humanas (3+)	Efectivas
	Humanas (2+)	Medianamente efectivas
	Físicas continuas (1+)	Menos efectivas
Responsable de la barrera	Cargo del responsable por la correcta operación de la barrera.	
Estado / condición	Disponible, Parcialmente disponible, No disponible, No hay información, Desactivada o Inexistente.	
Estándar de desempeño	Especificaciones de funcionalidad, disponibilidad, confiabilidad, supervivencia (<i>survivability</i>).	
Factores y controles de degradación	Factores y controles de degradación relacionados con la barrera, identificados en el corbatín.	
Responsable del control	Cargo del responsable de los controles.	
Actividades de monitoreo	Actividades para monitorear el estado de la barrera, sus elementos y desempeño.	

A continuación, se describen con mayor nivel de detalle a cada uno de los descriptores.

2.3.2.3.1 Código de la barrera

Cada área tiene autonomía para realizar la codificación de barreras que considere pertinente y práctica.

2.3.2.3.2 Nombre de la barrera

Corresponde al nombre de la barrera durante el desarrollo del corbatín.

	Guía para la Gestión Dinámica del Riesgo de Procesos (GDR)		
	Sistema de Gestión HSE Vicepresidencia HSE		
	CÓDIGO HSE-G-034	Elaborado 25/08/2022	Versión: 3

2.3.2.3.3 Función de la barrera

Se puede definir una función de barrera como la tarea o el papel que cumple (eliminación, prevención, control, limitación, mitigación y protección) [8]. Se deben determinar las funciones de barrera suficientes y necesarias para prevenir la ocurrencia del evento límite y mitigar sus potenciales consecuencias (ver ejemplos Tabla 6).

Tabla 6. Relación entre incidentes de seguridad y funciones de barreras

Escenarios de interés	Función de barrera asociada
Pérdida de contención (LOC) de hidrocarburo (HC)	Prevenir LOC de equipos de proceso
	Prevenir LOC de tuberías
	Limitar LOC de equipos de proceso
	Limitar LOC de tuberías
Fuego y explosión	Prevenir la ignición
	Prevenir la formación de atmósferas explosivas o inflamables
	Prevenir fatalidades durante evacuación

El equipo multidisciplinario es quien define las funciones de barrera y los elementos que las constituyen, los cuales garantizan su función, especificidad, independencia y efectividad.

2.3.2.3.4 Elementos de la barrera

Los elementos que constituyen una barrera pueden ser de dos (2) tipos: técnicos y humanos (Tabla 7). De su definición y arquitectura, dependerá el cumplimiento de la función asignada y su desempeño.

Tabla 7. Tipos de elementos de barrera

Elemento	Guía
Técnicos	Los estándares y buenas prácticas en la industria guían la identificación de los elementos técnicos de las barreras. El desglose funcional permite la identificación exhaustiva y sistemática de todos sus elementos (sección 7.2.2.2.1). Se recomienda el comparar el estándar de desempeño actual, con los referentes legislativos y normativos del sector (p.ej.: API, NORSOK, etc.) y un modelo lógico que muestre las relaciones entre los elementos de barrera y su función.
Humanos	Los elementos humanos pueden ser organizacionales u operativos: <ul style="list-style-type: none"> • Elementos organizacionales: Se refiere a al personal con funciones definidas y competencia específica que garantiza el cumplimiento de las funciones de las barreras. El desglose funcional facilita la identificación del personal que se encarga de ciertas tareas relacionadas con las funciones de barrera. La identificación de las funciones dependerá de si la tarea es parte del funcionamiento normal o la respuesta ante condiciones de emergencias. Por lo tanto, al identificar los elementos de barrera organizacional, es pertinente distinguir entre la organización durante la operación normal y la organización durante la respuesta a emergencias. Algunas de las funciones de barrera pueden iniciarse durante la operación y luego continuar en estado de emergencia. Por otra parte, el personal táctico es generalmente el responsable de factores que influyen en el desempeño, tales como la

	Guía para la Gestión Dinámica del Riesgo de Procesos (GDR)		
	Sistema de Gestión HSE Vicepresidencia HSE		
	CÓDIGO HSE-G-034	Elaborado 25/08/2022	Versión: 3

	gestión de competencias del personal, el desarrollo de procedimientos escritos y prácticas de trabajo, etc. • Elementos operativos: Se refieren a las acciones y actividades que el personal tiene que realizar para garantizar la función de las barreras. Dentro del marco de trabajo propuesto, los elementos de barreras operativas se definen como los procedimientos críticos de seguridad, que proporcionan las ayudas necesarias para realizar una tarea crítica para la seguridad (incluyendo listas de verificación, instrucciones, diagramas, etc.).
--	---

Para realizar la definición de los elementos de una barrera, es útil realizar un desglose funcional, de acuerdo con el siguiente ejemplo.

Ejemplo:

- *Escenario: pérdida de contención de hidrocarburo.*
- *Funciones de barrera: prevenir la pérdida de contención de hidrocarburos desde los equipos de proceso.*
- *Barreras: sistema de detección, análisis y monitoreo de corrosión.*
- *Elementos de barrera:*
 - *Técnico: medidores de corrosión.*
 - *Operativo: tareas críticas realizadas por el equipo de mantenimiento.*
 - *Organizacional: equipo de mantenimiento.*
- *Factor de degradación: pérdida de integridad de los equipos de proceso en el tiempo.*
- *Posibles controles de degradación: tareas críticas realizadas por el equipo de mantenimiento.*

Consultarse las siguientes referencias, para encontrar más información acerca del desglose funcional pueden: *Towards a Holistic Approach for Barrier Management in the Petroleum Industry (2015, SINTEF)* [5] y *Guidance for Barrier Management in the Petroleum Industry (2016, SINTEF Technology and Society)* [7].

2.3.2.3.5 Posicionamiento de la barrera

Indica el estado de implementación de la barrera (Implementada o No implementada). Una barrera no implementada, puede haber sido identificada a partir del desarrollo del corbatín.

2.3.2.3.6 Tipo y efectividad

De acuerdo con IOGP las barreras pueden ser clasificadas como físicas o humanas [21]. En la Tabla 8 **Error! No se encuentra el origen de la referencia.** resume las categorías de barreras físicas de acuerdo con IOGP y listado algunos ejemplos de cada una de ellas.

Tabla 8. Categorías de barreras físicas. Adaptado de: [7].

Categorías	Descripción	Subcategoría
Categoría 1:	Integridad estructural	<ul style="list-style-type: none"> • Cascos (vessel hull) • Estructuras submarinas • <i>Topsides</i> • Grúas pesadas • Sistemas para la administración de lastre y carga • Sistemas de perforación • <i>Gravity Based Structures (GBS)</i> • Cimientos o bases • Estructuras en superficie • Equipo de manipulación mecánica • Automotores • Sistemas de amarre

	Guía para la Gestión Dinámica del Riesgo de Procesos (GDR)		
	Sistema de Gestión HSE Vicepresidencia HSE		
	CÓDIGO HSE-G-034	Elaborado 25/08/2022	Versión: 3

Categoría 2:	Contención de proceso	<ul style="list-style-type: none"> Sistemas a presión Intercambiadores de calor Equipo rotativo Tanques Sistemas de tuberías Sistemas de alivio 	<ul style="list-style-type: none"> Contención operacional de pozos (<i>Operational Well Containment</i>) Calentadores de llama <i>Gas Tight Floor/Wells</i> Sistemas de carga Equipo de reabastecimiento de combustible
Categoría 3:	Control de ignición	<ul style="list-style-type: none"> Ventilación de áreas peligrosas y no peligrosas Equipos eléctricos certificados Sistemas de inertización 	<ul style="list-style-type: none"> Sistemas de puesta a tierra Sistemas de purgas combustibles Componente para el control de la ignición <i>Flare Tip Ignition System</i>
Categoría 4:	Sistemas de detección	<ul style="list-style-type: none"> <i>Fire and gas systems</i> Sistemas de seguridad física 	<ul style="list-style-type: none"> Medidores de punto de rocío (sistemas de agua condensada)
Categoría 5:	Sistemas de protección – incluye sistemas de diluvio y contraincendios	<ul style="list-style-type: none"> Sistemas de diluvio Protección contra incendios y explosiones Sistemas gaseosos de protección contra incendio Sistemas de rociadores Sistemas de inyección química Sistemas para evitar colisiones Protección catódica Protección anódica 	<ul style="list-style-type: none"> Bombas sistemas contra incendios Sistemas de protección pasiva contra incendios Sistemas de spray de agua fina Sistemas de espuma Filtros de arena Ayudas para la navegación Sistemas de captura de datos meteorológicos y océano-meteorológicos
Categoría 6:	Sistemas de apagado seguro – incluye aislamiento operacional de pozos y equipos de control de perforación	<ul style="list-style-type: none"> Sistema de parada de emergencia Sistemas de despresurización Sistemas de protección de alta integridad (HIPPS) Aislamiento operacional de pozos 	<ul style="list-style-type: none"> Válvulas de asilamiento de tuberías Válvula de cierre de emergencia de procesos (<i>ESDV</i>) Válvulas de aislamiento submarino (<i>SSIV</i>) Equipos de perforación y equipos de control e intervención de pozos
Categoría 7:	Respuesta ante emergencias	<ul style="list-style-type: none"> Refugio temporal y puntos de encuentro Rutas de escape y evacuación Iluminación de emergencia y escape Sistemas de comunicación 	<ul style="list-style-type: none"> Fuentes de potencia ininterrumpida (<i>UPS</i>) Helipuertos y áreas afines Suministro de energía en emergencia Sistemas abiertos de drenaje Sistemas de tea
Categoría 8:	Equipos salva vidas – incluidos los sistemas de evacuación (<i>Life-saving Equipment</i>)	<ul style="list-style-type: none"> Equipos personales de supervivencia (PSE) Instalaciones de rescate Botes salvavidas y <i>TEMPSCs</i> 	<ul style="list-style-type: none"> Medio terciarios de escape

Por otra parte, las barreras humanas requieren un conjunto de comportamientos individuales y colectivos deseados que garanticen que las barreras sigan siendo efectivas, todo ello en el marco de la disciplina operacional.

	Guía para la Gestión Dinámica del Riesgo de Procesos (GDR)		
	Sistema de Gestión HSE Vicepresidencia HSE		
	CÓDIGO HSE-G-034	Elaborado 25/08/2022	Versión: 3

Cuando se trata de barreras humanas se deben identificar y asegurar los comportamientos esperados, si se desea mantener los niveles de eficacia y robustez esperados. El retorno de experiencias señala que este aseguramiento se fundamenta en un liderazgo continuo, decidido y coherente.

Nota: las barreras humanas no incluyen actividades o tareas críticas requeridas para verificar y mantener las barreras físicas. Estas actividades o tareas generalmente se definen en los procesos que soportan las barreras físicas, como por ejemplo los Programas de Mantenimiento e Inspección o la Gestión de Integridad Técnica descrita dentro del Sistema de Gestión HSE.

IOGP categoriza las barreras humanas en seis (6) categorías, las cuales son presenta en la Tabla 9.

Tabla 9. Categorías de barreras humanas. Adaptado de: [7].

Categorías	Descripción	Subcategoría	
Categoría 1:	Operando de acuerdo con los procedimientos	<ul style="list-style-type: none"> • Permisos de trabajo • Aislamiento de equipos 	<ul style="list-style-type: none"> • Inhibición de sistemas de seguridad • Cambios de turno
Categoría 2:	Supervisión, rondas estructuradas e inspecciones de rutina		
Categoría 3:	Autorizaciones de equipos temporales y móviles		
Categoría 4:	Entrega, recibo o reinicio de instalaciones o equipos (<i>Acceptance</i>)		
Categoría 5:	Respuesta a alarmas de proceso y condiciones anormales		
Categoría 6:	Respuesta ante emergencias		

Para efectos de esta guía, la clasificación de IOGP se complementa con criterios CCPS [6] [22] y SINTEF [4] [5], para definir con mayor exactitud el tipo de barrera y sus elementos.

Las barreras físicas pasivas suelen ser consideradas las más efectivas (5+), seguidas en orden descendente por las físicas activas (4+), físicas activas + humanas (3+), humanas (2+) y físicas continuas (1+) (Ver Tabla 2).

2.3.2.3.7 Responsable de la barrera y controles

Toda barrera y control de degradación debe tener un responsable, quien será el encargado de su mantenimiento y de garantizar su disponibilidad, de acuerdo con el plan de mejora.

2.3.2.3.8 Estado / condición

Se entiende por estado de la barrera la condición de integridad y disponibilidad. El equipo multidisciplinario debe establecer el estado o la condición de acuerdo con los códigos establecidos en la Tabla 10.

	Guía para la Gestión Dinámica del Riesgo de Procesos (GDR)		
	Sistema de Gestión HSE Vicepresidencia HSE		
	CÓDIGO HSE-G-034	Elaborado 25/08/2022	Versión: 3

Tabla 10. Código de colores para establecer el estado y condición de las barreras

Condición simple	Condición detallada	Código de color
Efectiva	Dispuesta, disponible, efectiva	Verde
Parcialmente efectiva	Dispuesta, disponible, efectividad reducida	Amarillo
No efectiva	No dispuesta, no disponible	Rojo
No hay información	No se cuenta con información operacional	Gris
Desactivada o inexistente	No dispuesta, apagada, desactivada.	Negro

2.3.2.3.9 Estándares de desempeño

Los estándares de desempeño son aquellos requisitos mínimos que deben cumplir los elementos de las barreras. El establecimiento de los estándares de desempeño está estrechamente relacionado con la identificación de los controles de degradación, los cuales pueden ayudar a proponer indicadores indirectos de las barreras (Tabla 11). Realizar el seguimiento de los elementos de barrera y su desempeño, permite hacerse una idea del desempeño de las barreras y evaluar más fácilmente su influencia sobre el valor de riesgo.

Tabla 11. Ejemplos de estándares de desempeño.

Elemento de barrera	Estándar de desempeño
Técnico: medidores de corrosión	Los medidores deben estar incluidos en el programa de mantenimiento.
Organizacional: equipo de mantenimiento	Procedimiento actualizado y disponible para el mantenimiento.
Operativo: tareas realizadas por mantenimiento	El equipo debe tener la competencia específica.

Puede existir un gran número de requerimientos definidos para los elementos de barreras, particularmente para los elementos técnicos. Debe tenerse en cuenta que el objetivo no es tener un gran número de ellos, sino identificar aquellos suficientes y necesarios para realizar una adecuada gestión.

Tanto para las barreras físicas como para las humanas, los estándares de desempeño suelen ser directos. Sin embargo, para las barreras humanas suelen complementarse con estándares indirectos, p.ej.: la experiencia al realizar el trabajo, los tiempos de respuesta, tiempo de notificación al cuarto de control, el personal disponible, etc. (ver Tabla 12).

	Guía para la Gestión Dinámica del Riesgo de Procesos (GDR)		
	Sistema de Gestión HSE Vicepresidencia HSE		
	CÓDIGO HSE-G-034	Elaborado 25/08/2022	Versión: 3

Tabla 12. Características de los elementos técnicos/humanos de barrera y estándares de desempeño relacionados (Adaptada [4]).

	Propiedades	Estándares desempeño	Ejemplos	Ejemplo de actividades de monitoreo
Elementos técnicos	Funcionalidad	Capacidad	La bomba contra incendios debe tener la capacidad de entregar "X" litros por hora	Pruebas funcionales
		Efectividad	El detector de gas debe responder en "X" segundos	Pruebas funcionales
	Integridad	Confiabilidad	La probabilidad del generador de emergencia de funcionar por "X" hora	Verificación en el diseño
		Disponibilidad	La PFD de la válvula "X" debe ser menor a "Y"	Revisiones operacionales periódicas
		Integridad	La válvula de bypass debe estar en posición cerrada después del arranque	Monitoreo e inspección periódica
	Supervivencia	Resistencia la carga	La tubería de agua del sistema contraincendios debe resistir una carga de "X" barg	Inspección visual, verificación diseño
		Robustez	Las tuberías de las turbinas de gas deben estar aisladas para evitar exceder la temperatura de ignición	Inspección del material de aislamiento
Elementos humanos - organizacionales	Funcionalidad	Competencia específica	Curso de manejo de sustancias peligrosas	Revisión periódica de la matriz de competencias
		Criterios para acción	Chequeo de desenergización antes de ejecutar labores	Registro de chequeos, auditorías
		Tiempo de respuesta	Tiempo para detección manual	Simulacros, ejercicios
	Integridad	Disponibilidad	Número de operarios por turno	Revisión de las operaciones
		Integridad	Medición de fatiga por carga de trabajo, extra tiempo, ambiente laboral	Revisión registro de hojas de tiempo
Elementos humanos - Operativos	Integridad	Confiabilidad	Actualización de procedimientos	Revisión documental periódica
		Disponibilidad	Procedimientos en el lugar de trabajo	Revisión documental periódica

	Guía para la Gestión Dinámica del Riesgo de Procesos (GDR)		
	Sistema de Gestión HSE Vicepresidencia HSE		
	CÓDIGO HSE-G-034	Elaborado 25/08/2022	Versión: 3

En la Tabla 13 se lista algunos estándares internacionales frecuentemente utilizados en el sector para medir el desempeño de elementos técnicos.

Tabla 13. Estándares internacionales típicos por elementos técnicos de barrera (ejemplos)

<i>API RP 2FB Recommended Practice for Design of Offshore Facilities Against Fire and Blast Loading</i>
<i>API RP 14B/ISO 10417:2004 Design, Installation, Repair and Operation of Subsurface Safety Valve Systems</i>
<i>API RP 14C Recommended Practice for Analysis, Design, Installation, and Testing of Basic Surface Safety Systems for Offshore Production Platforms</i>
<i>API RP 14F Design, Installation, and Maintenance of Electrical Systems for Fixed and Floating Offshore Petroleum Facilities for Unclassified and Class I, Division 1, and Division 2 Locations</i>
<i>API RP 14F Recommended Practice for Design, Installation, and Maintenance of Electrical Systems for Fixed and Floating Offshore Petroleum Facilities for Unclassified and Class I, Zone 0, Zone 1, and Zone 2 Locations</i>
<i>API RP 14G Recommended Practice for Fire Prevention and Control on Fixed Open-Type Offshore Prod. Platforms</i>
<i>API RP 14 J Recommended Practice for Design and Hazards Analysis for Offshore Production Facilities</i>
<i>API SPEC 17F Standard for Subsea Production Control Systems</i>
<i>API RP 17N, Recommended Practice on Subsea Production System Reliability, Technical Risk, and Integrity Management</i>
<i>ISO 13702 Control and mitigation of fires and explosions</i>
<i>ISO 10418 Process safety systems (Rev)</i>
<i>ISO 16530-1 Petroleum and natural gas industries — Well integrity — Part 1: Life cycle governance</i>
<i>ISO 17776 Major Accident hazard management during design (Rev)</i>
<i>ISO 15589-1 Cathodic protection of on-land pipelines</i>
<i>ISO 15589-2 Cathodic protection for offshore pipelines</i>
<i>NORSOK M-001 Materials selection</i>
<i>NORSOK H-003 Heating, ventilation and air conditioning (HVAC) and sanitary systems</i>
<i>NORSOK I-002 Safety and automation system (SAS)</i>
<i>NORSOK R-004 Piping and equipment insulation</i>
<i>NORSOK S-001 Technical safety</i>
<i>NORSOK D-010 Well integrity in drilling and well operations</i>

Para encontrar más información acerca de estándares y normas internacionalmente reconocidas que pueden ayudar a definir los requerimientos de desempeño de los activos relacionados con su proceso, puede consultar las siguientes referencias: [26] [7] [27].

Por otra parte, la Tabla 14 relaciona algunas referencias que pueden soportar la definición de estándares de desempeño para elementos humanos.

	Guía para la Gestión Dinámica del Riesgo de Procesos (GDR)		
	Sistema de Gestión HSE Vicepresidencia HSE		
	CÓDIGO HSE-G-034	Elaborado 25/08/2022	Versión: 3

Tabla 14. Listado de ejemplos de estándares internacionales típicos por elementos humanos de barrera:

<i>API RP T-4 Training of Offshore Personnel in Nonoperating Emergencies</i>
<i>API RP T-4 Recommended Practice for Training and Qualification of Personnel in Well Control Equipment and Techniques for Wireline Operations on Offshore Locations</i>
<i>API RP 75 Recommended Practice for Development of a Safety and Environmental Management Program for Offshore Operations and Facilities</i>
<i>ISO 17969 Guidelines on competency for personnel (Rev)</i>
<i>NORSOK S-006 HSE-evaluation of contractors</i>

2.3.2.3.10 Factores de degradación y sus controles

Durante el desarrollo de los análisis de corbatín se identifican los factores de degradación relacionados con la barrera y los controles de degradación asociados (implementados o por implementar). La Tabla 15 muestra tasas típicas de degradación de las barreras que puede guiar la definición de intervalos de monitoreo.

Tabla 15. Tasas de degradación típicas de algunas barreras. Adaptado de [28].

Tasa de degradación	Tiempo típico degradación	Ejemplos
Rápida	Menos de un año	Barrera humana (activa) Barreras físicas activas (sistemas de detección, iluminación de emergencia, etc.)
Media	1 – 5 años	Barrera física activa + humana Sistemas de contención de procesos (corrosión rápida) Barreras activas (sistemas para el apagado de emergencia) Documentación de seguridad
Lenta	+ 5 años	Barreras activas (válvulas de alivio) Sistemas de contención (corrosión normal) Barreras físicas pasivas (diques, muros contra incendios)
Estática	Vida útil de la instalación	Barrera física pasiva (distancia de separación)

La definición de intervalos de monitoreo de las barreras físicas generalmente sigue las recomendaciones de los fabricantes de los equipos y los resultados de estudios técnicos de ingeniería como RCM¹², RBI¹³ e IPF¹⁴. Para las barreras humanas puede ser más complicado definir pruebas; sin embargo, pueden

¹² Reliability-centered maintenance (RCM)

¹³ Risk Based Inspection (RBI)

¹⁴ Instrument Protective Function (IPF)

	Guía para la Gestión Dinámica del Riesgo de Procesos (GDR)		
	Sistema de Gestión HSE Vicepresidencia HSE		
	CÓDIGO HSE-G-034	Elaborado 25/08/2022	Versión: 3

plantearse actividades de observación y auditorías documentales, siguiendo los intervalos de revisión dados por otros sistemas de gestión en la organización.

Con el ánimo de soportar los procesos de toma de decisiones, se debe proporcionar información en diferentes escalas de tiempo: a corto plazo, a mediano y largo plazo (días, semanas y años).

Información a corto plazo: relacionada con el estado "inmediato" (aquí y ahora) de las barreras y sus controles. Esta información, por ejemplo, se muestra en los sistemas de control o información del sistema de gestión de mantenimiento. El equipo multidisciplinario debe asegurar la información relacionada con desactivación temporal de barreras en el ciclo DICACOCU enmarcados dentro del ciclo de disciplina operativa (p.ej. control y aseguramiento del nivel de riesgo del proceso durante la inhibición de barreras de seguridad [29] y la Guía Directriz 32 [17]).

Información a mediano plazo: la información sobre el estado de las barreras y los controles es obtenida a través de actividades de monitoreo, mediciones de indicadores (incluyendo indicadores de otros sistemas de gestión diferentes a la gestión de barreras) y actividades de verificación periódicas que se realizan con bastante frecuencia y deben ser registradas en el Formato de Reporte GDR HSE-F-140, de manera trimestral. Esta actividad está bajo la responsabilidad del equipo multidisciplinario.

Información a largo plazo: se debe realizar seguimiento del desempeño de las barreras, su influencia en el valor de riesgo dinámico y la gestión realizada por la unidad de negocio y registrarlo en la "Estrategia de barreras y estándares de desempeño" anualmente (para nuevos activos o activos actualizados mediante EDP).

El equipo multidisciplinario debe definir mecanismos que le permitan gestionar las barreras para:

- Asegurar una mayor comprensión y conciencia de las barreras técnicas.
- Asegurar una mayor capacidad para priorizar esfuerzos y recursos, tanto por seguridad como por productividad.
- Tener un enfoque estandarizado en todas las facilidades (armonización).
- Tener información bien documentada que permita identificar tendencias y facilite el desarrollo de informes (a las autoridades, socios, clientes, alta dirección, entre otros constituyentes).

El equipo multidisciplinario puede consultar más información acerca de la caracterización y los descriptores de las barreras en las siguientes referencias: *Bow ties in Risk Management: A Concept Book for Process Safety*, CCPS in association with the Energy Institute, 2018 [6], *Layer of Protection Analysis: Simplified process risk assessment*, CCPS (2015) [22], *Towards a Holistic Approach for Barrier Management in the Petroleum Industry (2015, SINTEF)* [5] y *Guidance for Barrier Management in the Petroleum Industry (2016, SINTEF Technology and Society)* [7].

2.3.2.3.11 Retorno de las barreras a su condición original

La implementación de actividades para devolver a las barreras a su condición de diseño se hará según la Ilustración 8. Estas actividades pueden implicar una reparación directa del *hardware*, una revisión

	Guía para la Gestión Dinámica del Riesgo de Procesos (GDR)		
	Sistema de Gestión HSE Vicepresidencia HSE		
	CÓDIGO HSE-G-034	Elaborado 25/08/2022	Versión: 3

de los controles de degradación o implementar barreras adicionales, de acuerdo con el criterio del equipo multidisciplinario.

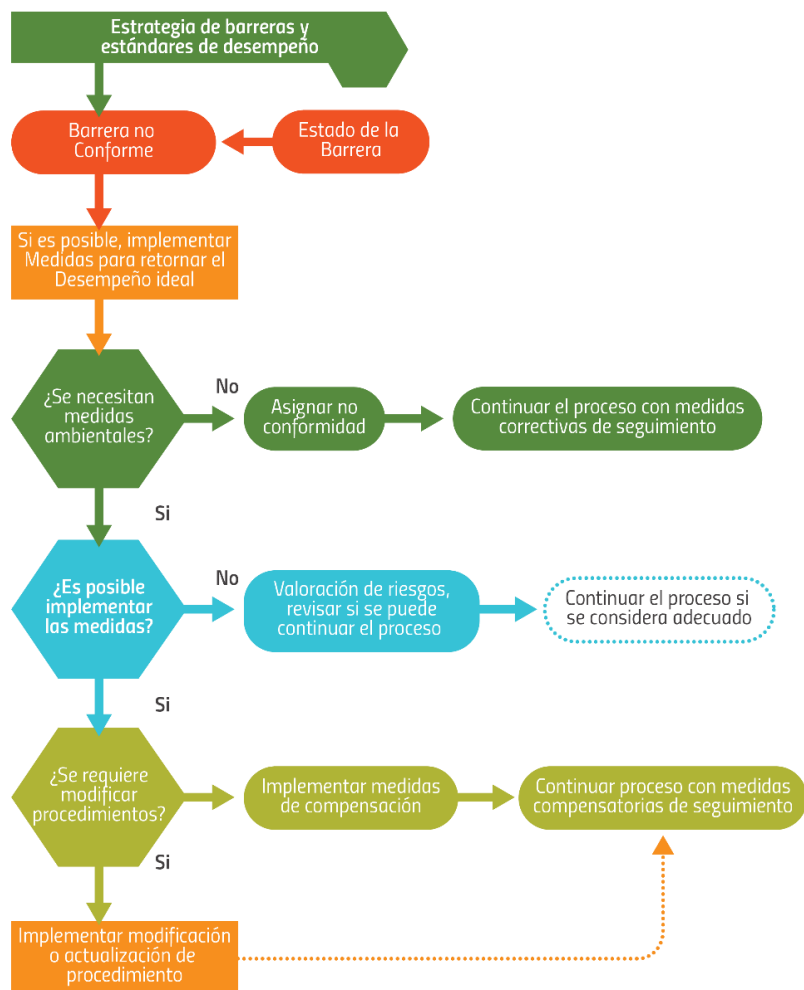


Ilustración 8. Retorno de las barreras a su condición original. Adaptado de [4].

2.3.2.3.12 Valoración y evaluación del riesgo

La valoración del riesgo tomará en cuenta las barreras implementadas y el estado de los controles, de acuerdo con la Guía GHS-G-035 o aquella que lo modifique, complemente o derogue [30].

Una vez se ha definido el corbatín, se deben tener identificadas las barreras y sus controles de degradación y se procede a valorar el riesgo residual, dando crédito a las barreras y controles efectivos

	Guía para la Gestión Dinámica del Riesgo de Procesos (GDR)		
	Sistema de Gestión HSE Vicepresidencia HSE		
	CÓDIGO HSE-G-034	Elaborado 25/08/2022	Versión: 3

y confiables (Ilustración 9). Con base en la valoración del riesgo, el grupo multidisciplinario debe definir cuáles acciones se realizarán y quién debe realizarlas.



Ilustración 9. Pasos para la valoración del riesgo.

El equipo multidisciplinario debe:

- Estimar las consecuencias, teniendo en cuenta cinco (5) categorías: Personas (P), Económica (E), Ambiental (MA), Cliente (CL) y Reputación (R) (Eje vertical de la RAM).
- Estimar la probabilidad, para las consecuencias identificadas en el paso anterior (eje horizontal de la RAM).
- Valorar el nivel de riesgos: teniendo en cuenta la categoría de la consecuencia, su gravedad y la probabilidad del suceso con esas consecuencias. La intersección de la fila elegida con la columna seleccionada corresponde a la clasificación del riesgo (N: Nulo, L: Bajo, M: Medio, H: Alto y VH: Muy Alto).

Nota: la actividad puede tener consecuencias en las cinco categorías (P, E, MA, CL y R), por lo tanto, deben examinarse todas. El riesgo de una actividad se debe clasificar de acuerdo con la categoría de consecuencia que tenga la mayor clasificación, por ejemplo: si el riesgo para personas (P) es 5C, el económico 2C (E), medio ambiente (MA) 1D, clientes (CL) y reputación (R) 2D; el riesgo de este incidente será clasificado con 5C.

- Evaluación del riesgo: comparar el riesgo con los criterios de Ecopetrol G.E. (Tabla 16).

Tabla 16. Criterios cualitativos de riesgo Ecopetrol GE.

Color	Riesgo	Criterio
VH	Muy alto	Riesgo intolerable
H	Alto	Riesgo tolerable con limitación
M	Medio	Riesgo tolerable
L	Bajo	Riesgo aceptable
N	Nulo	Riesgo plenamente aceptable

Los analistas deben evaluar la probabilidad de falla de las barreras de mitigación, bien sean física, física-humana o humana, y por ello no se permite asumir probabilidades de falla igual a cero. Por otra

	Guía para la Gestión Dinámica del Riesgo de Procesos (GDR)		
	Sistema de Gestión HSE Vicepresidencia HSE		
	CÓDIGO HSE-G-034	Elaborado 25/08/2022	Versión: 3

parte, las reducciones en consecuencia se pueden realizar si se implementan medidas de reducción en fuente, como por ejemplo reducción de las condiciones de operación (menor presión, menor temperatura). Escenarios de alta consecuencia, como los contemplados en la GDR, son gestionados generalmente por reducción de probabilidad y excepcionalmente por reducción en consecuencia.

Para el caso particular de las *Independent Protection Layers* (IPL), el equipo multidisciplinario debe definir los factores de reducción. A manera de ejemplo se presenta la Tabla 17.

Tabla 17. Ejemplos de FRR para diferentes barreras físicas. Fuente: [29].

IPL's Típicas	FRR estándar	FRR usados por ECP-GRC	Créditos asumidos (Cualitativo)
Proceso			
Diseño de proceso	50 - 500	Depende del caso	2
BPCS - PCS - DCS			
Lazo de control completo	Máx < 10	5	1
Función de control inicializada por el operador	5	3	1
Alarma con la acción del operador	5	3	1
Encendido Hot-Stand by de bombas de respaldo (activación automática)	Máx < 10	5	1
Encendido Stand by de bombas de respaldo (activación manual)	5	3	1
SIS			
Funciones SIL 1	10 - 100	10 o 30	1
Funciones SIL 2	100 - 1000	100 o 300	2
Funciones SIL 3	1000 - 10000	1000 o 3000	3
Elementos de protección física			
Válvulas de liberación de presión (PSVs)	100 - 1000	100	2
Válvulas cheques	10-1000	10 / 100 (depende del caso)	1 / 2 (depende del caso)
Venteos abiertos	100	100	2
Discos de ruptura	100 - 1000	100	2
Compuertas anti-explosión en hornos	100 - 1000	100	2
Protección pos-liberación (Mitigación)			
Diques	100	100	2
Muro anti-explosión	100 - 1000	Por definir	Por definir
Bunker	100 - 1000	Por definir	Por definir
Sistema de Sprinkler para enfriamiento	10-10000	Por definir	Por definir
Fire proofing	100	100	2
Sistema de drenajes	100	Por definir	Por definir

FRR: Factor de Reducción de Riesgo

	Guía para la Gestión Dinámica del Riesgo de Procesos (GDR)		
	Sistema de Gestión HSE Vicepresidencia HSE		
	CÓDIGO HSE-G-034	Elaborado 25/08/2022	Versión: 3

El equipo multidisciplinario debe dar crédito a las barreras durante la valoración de riesgo realizado con la RAM. Este proceso de valoración de riesgos se debe realizar para cada una de las consecuencias identificadas en el corbatín y reportar, como mínimo, el mayor de riesgo valorado.

2.3.3 Tratamiento del riesgo

El tratamiento del riesgo incluye las etapas de:

- Toma de decisiones.
- Seguimiento de acciones.

Su objetivo final es crear, proteger e incrementar el valor de los activos.

2.3.3.1 Toma de decisiones

El equipo multidisciplinario soportará sus procesos de toma de decisiones de acuerdo con la Tabla 18.

Tabla 18. Tipo de decisiones de acuerdo con la valoración del riesgo [30]

Color	Riesgo	Criterio	Acciones	Responsable
VH	Muy alto	Riesgo intolerable	Se debe iniciar prevención y/o mitigación temporal inmediata (en el turno) para reducir el riesgo, a nivel tolerable M. Si esto no fuera posible, se deberá detener la operación.	Vicepresidente Regional o Gerente General define el equipo que lidera el análisis de riesgos y lo aprueba.
H	Alto	Riesgo tolerable con limitación	Deben buscarse alternativas que presenten menor riesgo. Implementar controles que impidan la materialización del riesgo. A las soluciones a implementar deben asignarse recursos de manera continua, las 24 horas, hasta que el riesgo disminuya a nivel tolerable o aceptable, según lo determine el gerente general. Se requiere demostrar cómo se controla el riesgo; si se decide realizar la actividad o continuar operando con este riesgo.	Gerente General, Gerente Técnico, Gerente de Producción, Gerente de Mantenimiento, Gerente de proyectos, directores, Superintendentes, o Jefes de Departamento definen quien (es) realiza(n) el análisis de riesgo y aprueban la decisión.
M	Medio	Riesgo tolerable	Se deberá evaluar si existe una posibilidad costo-beneficio para reducir más el riesgo, es decir alcanzar el nivel riesgo ALARP. Evaluar cuántos y cuáles controles se pueden implementar para llegar al mínimo valor de riesgo posible. Se deben implementar acciones de solución de manera priorizada hasta llevarlos a nivel L, siempre que sea posible. Dichas soluciones deben abordarse en los procesos normales de la organización.	El coordinador, líderes de proyecto, líder de parada de planta, o supervisor nombra el equipo para elaborar el análisis de riesgos y lo aprueba para ejecutar la actividad o continuar operando con este riesgo.
L	Bajo	Riesgo aceptable	Se opera manteniendo controles operativos, de ingeniería y administración, para evitar que el riesgo aumente.	Para control de trabajo el operador o emisor aprueba el análisis de riesgos que fue

	Guía para la Gestión Dinámica del Riesgo de Procesos (GDR)		
	Sistema de Gestión HSE Vicepresidencia HSE		
	CÓDIGO HSE-G-034	Elaborado 25/08/2022	Versión: 3

			Se podrían gestionar mejoras a los sistemas de control establecidos (procedimientos, listas de chequeo, responsabilidades, protocolos, etc.) si es razonablemente práctico.	elaborado por el Ejecutor y Emisor para ejecutar una actividad.
N	Nulo	Riesgo plenamente aceptable	No se requieren medidas de reducción.	N.A.

Se sugiere incluir tres roles fundamentales dentro de los equipos multidisciplinarios de cada unidad de negocio, para la práctica de GDR:

- Gestor primario del riesgo: operadores, supervisores e ingenieros como parte de su función habitual.
- Responsable de ejecutar la acción: el que sea designado por el equipo multidisciplinario.
- Líder de implementación de medidas de tratamiento del riesgo: jefe de departamento en riesgos operacionales individuales y líderes de autoridades técnicas para riesgos transversales.

2.3.3.2 Seguimiento de acciones

El equipo multidisciplinario realizará de manera sistemática el seguimiento de acciones a corto, mediano y largo plazo a través del plan de mejora (GESDIRI). El seguimiento de acciones debe realizarse en espacios formales donde se reúna el equipo multidisciplinario y la información pertinente debe ser comunicada en:

- Sesión de planeación integral.
- Sesión sistemática de autoridades técnicas.
- Reporte semanal de los departamentos operativos y de la Gerencia de Producción.
- Reporte semanal de las coordinaciones y departamentos de la Gerencia Técnica.
- Reporte semanal del Departamento de Gestión Integral del Riesgo Operacional PGI.
- Reporte semanal del Departamento Programación de la Producción.
- Reuniones diarias de jefatura de turno.
- Reuniones de inicio de turno.
- Sistemática de análisis operacional turno a turno.
- Reunión de concertación del programa de mantenimiento.

El seguimiento y la gestión realizada debe ser sistematizado en el HSE-F-140 y se soporta en los siguientes indicadores:

- i. Escenarios VH GDR - Hoja de indicador HSE-H-023.
- ii. Escenarios H GDR - Hoja de indicador HSE-H-024.
- iii. Revisión y actualización de corbates GDR- Hoja de indicador HSE-H-025.

Los responsables de garantizar la operación segura de los activos, así como las autoridades de riesgos de proyectos, deben asegurar la debida gestión de los cambios producto de las acciones GDR, haciendo

	Guía para la Gestión Dinámica del Riesgo de Procesos (GDR)		
	Sistema de Gestión HSE Vicepresidencia HSE		
	CÓDIGO HSE-G-034	Elaborado 25/08/2022	Versión: 3

uso del Formato HSE-F-524, o aquel que lo modifique, actualice o sustituya. Las firmas e instancias de análisis dependerán del nivel de riesgo derivado del escenario tomando los siguientes elementos:

- Por tratarse de escenarios de alta consecuencia, los dueños del riesgo siempre deben estar informados sobre los controles de cambios (dueño del activo: gerentes o jefe del departamento).
- Los firmantes del control de cambios deben ser:
 - a. Solicitante: persona quien solicita el cambio.
 - b. Dueño del riesgo:
 - i. Gerente o jefe del departamento: riesgos valorados M o H¹⁵.
 - ii. Vicepresidente: riesgos valorados como VH.
 - c. Líder de riesgo:
 - i. Líder de riesgo del área: para riesgos valorados como M o H.
 - ii. Líder de riesgos de la regional: para riesgos valorados como VH.
 - d. Nuevo responsable de la acción: a quien es asignada la acción mediante el control de cambio.
- Quien autoriza administrativamente el control de cambios ante el administrador de la herramienta (p.ej. Herramienta HSE, GESDIRI):
 - i. Líder de riesgo del negocio: para valoraciones M.
 - ii. Líder de riesgo del negocio: para valoraciones H o VH.
- Por tratarse de escenarios de alta consecuencia, la autoridad de riesgos del negocio debe estar informada, particularmente si las valoraciones de riesgo son H o VH, asegurando el proceso de gestión de cambio.
- Por tratarse de escenarios de alta consecuencia, la autoridad de riesgos del área y la regional deben estar informados, participar de las valoraciones de riesgo, particularmente si las valoraciones de riesgo son M, H o VH, dando su aval para la aprobación de dueño del riesgo.
- Los niveles de autorización desde el negocio dependerán del nivel de riesgo del escenario (ver Guía GHS-G-035 y viñetas anteriores).

Se podrán solicitar cambios por:

- Cambios de fecha programada originalmente para el cierre de la acción. De solicitarse un cambio de fecha por segunda vez con valoraciones H o VH, se requerirá informar al líder de riesgos del corporativo PSE quien analizará la pertinencia de la autorización del cambio en la herramienta con el líder de riesgo del negocio.
- Cambio del responsable original al cual se le asignó la acción (el formato de solicitud debe contar con la firma del nuevo responsable).
- Cambio en la acción plenamente justificada y documentada (deben adjuntarse los justificativos que sustente el cambio de la acción).
- Eliminación de la acción plenamente justificada y documentada (deben adjuntarse los justificativos que sustente la eliminación de la acción).

¹⁵ De acuerdo con lo planteado en la guía GHS-G-035 [32]

	Guía para la Gestión Dinámica del Riesgo de Procesos (GDR)		
	Sistema de Gestión HSE Vicepresidencia HSE		
	CÓDIGO HSE-G-034	Elaborado 25/08/2022	Versión: 3

2.3.4 Estrategia de barreras y estándares de desempeño

Tal como se menciona en el numeral 2.3.2.3, se deben identificar y caracterizar las barreras de prevención y mitigación. Los activos industriales en operación deben realizar la caracterización de las barreras, tomando como marco de referencia la Tabla 5. Por otra parte, los proyectos nuevos deben entregar un documento denominado “Estrategia de barreras y estándares de desempeño” [5], tomando como guía lo establecido en el Anexo D.

2.3.5 Requisitos específicos para la gestión dinámica del riesgo en pozos

Para el caso de los pozos, adicional a lo planteado a lo largo de esta guía se deben tener en cuenta lo que se expone a continuación. La GDR para activos en subsuelo se enmarca en la Guía para el Manejo de la Integridad de Pozos WIMS – *Well Integrity Management System* (IDA-G-029), la cual tiene “*como principal objetivo prevenir toda pérdida de contención de fluidos por causas asociadas a fallas en la integridad en los pozos, garantizando que sus barreras se encuentren aptas para cualquiera que sea el servicio del pozo durante todas las etapas del ciclo de vida del pozo (diseño, perforación y completamiento, operación, intervenciones y abandono)*”. La mencionada guía incluye:

- a. Módulo 1 – Elementos generales de integridad:
 - a. Barreras de pozo.
 - b. Evaluación de riesgos de subsuelo.
 - c. Gerenciamiento de presiones anulares.
 - d. Anomalías de integridad.
 - e. Corrosión y aseguramiento de flujo.
 - f. Equipos críticos por seguridad de procesos.
- b. Módulo 2 – Elementos del ciclo de vida del pozo:
 - a. Diseño, perforación y completamiento.
 - b. Operación de pozos: arranque, operación y cierre.
 - c. Manejo de cabezales y árboles de navidad.
 - d. Monitoreo de pozo: activos, inactivos y suspendidos y abandonados.
 - e. Intervenciones y abandono de pozos.
- c. Módulo 3 – Elementos de gestión y desempeño
 - a. Manejo de incidentes de integridad
 - b. Manejo de información (*data management*)
 - c. Manejo del cambio en pozos
 - d. Pozos con condiciones especiales de integridad
 - e. Indicadores y métricas de desempeño.

Los criterios de identificación de escenarios de alta consecuencia para pozos se encuentran descritos en el numeral 2.3.2.1.2.2 de la presente guía. Adicionalmente, se debe incorporar en la gestión los lineamientos y directrices dadas en función de la tipología de pozos de la guía IDA-G-064 [33]. Los responsables de los pozos definirán la periodicidad con que el equipo multidisciplinario analizará el

	Guía para la Gestión Dinámica del Riesgo de Procesos (GDR)		
	Sistema de Gestión HSE Vicepresidencia HSE		
	CÓDIGO HSE-G-034	Elaborado 25/08/2022	Versión: 3

estado de las barreras y valorará el riesgo asociado escenario (reportando trimestral al corporativo mediante el Formato HSE-F-140).

Las autoridades de riesgo del negocio estandarizarán los corbatines por tipos de pozos, sobre los cuales las áreas realizarán las instancias de gestión dinámica anteriormente mencionadas¹⁶. Por otra parte, los responsables de las áreas deberán:

- Realizar los estudios técnicos necesarios para soportar el proceso de toma de decisiones (con base en lo establecido en la norma ISO 16530-1 y las guías HSE-G-050 e IDA-G-029).
- Cumplir con los requerimientos establecidos en las guías HSE-G-034 e IDA-G-09.

Para el caso de pozos nuevos o con cambio en su servicio, el requisito equivalente a la "Estrategia de barreras y estándares de desempeño" establecido por la Guía HSE-G-034 será el "Formato de entrega de pozos" (WDP-F-020).

2.3.6 Gestión dinámica del riesgo para ductos de transporte en el *midstream*

Para el caso particular de los ductos del *midstream*, la GDR se centrará en los escenarios con potencialidad de desastre, en el marco de lo establecido en el Decreto 2157 de 2017 (2.3.2.1.2.2). Cada dueño del riesgo, negocio o filial, debe identificar los tramos de tubería que en caso de falla podrían generar escenarios con potencialidad de desastre. Para cada sistema, se debe valorar el nivel de riesgo desglosando sus segmentos, indicando el número de metros o kilómetros.

Para la determinación del nivel de riesgo en cada segmento, cada compañía debe valorar el nivel de probabilidad de falla teniendo en cuenta las diferentes amenazas y las correspondientes medidas de mitigación, control y prevención que se tengan implementadas. De esta manera se garantiza que el enfoque de la GDR en gestión de barreras se implementa.

Para el reporte de la GDR, cada negocio o filial elaborará un mecanismo de reporte que se debe actualizar como mínimo de forma trimestral, reportando al corporativo su actualización y permitiendo el acceso a la misma.

2.4 REQUISITOS

- Cada unidad de negocio debe tener definido el equipo multidisciplinario, que participará en la definición de los escenarios de interés, los talleres de corbatín y la valoración del riesgo, el cual será definido por el responsable del área en estudio. Este equipo debe ser asignado formalmente (p.ej. mediante un memorando).
- El equipo multidisciplinario sugerido deberá estar constituido como mínimo por:
 - Representante(s) de ingeniería y/o de procesos y operaciones.
 - Representante(s) de mantenimiento.
 - Representante(s) de instrumentación y control.

¹⁶ Método incluido en la ISO 16530-1 y el proceso IDA.

	Guía para la Gestión Dinámica del Riesgo de Procesos (GDR)		
	Sistema de Gestión HSE Vicepresidencia HSE		
	CÓDIGO HSE-G-034	Elaborado 25/08/2022	Versión: 3

- Representante de la función HSE o líder HSE o representante de gestión del riesgo y seguridad de procesos designado para el área.
- Representante de control de emergencias.
- Representante del dueño del activo.
- Representante de confiabilidad e integridad.
- Por lo menos uno de los miembros del equipo debe tener experiencia y conocimientos en el proceso que se vaya a revisar (puede ser externo a la organización directo o contratado).
- Por lo menos uno de los miembros del equipo debe tener experiencia en evaluación del riesgo y métodos PHA, particularmente en el método del corbatín.
- Una vez definidos los corbatines para los escenarios de interés, estos deben ser revisados y, de ser necesarios, actualizados cuando:
 - El resultado del proceso GDR evidencie necesidades de mejoramiento, con base en el criterio experto del grupo multidisciplinario.
 - Se presenten cambios significativos en la estructura organizacional, que impliquen definir nuevos responsables de las barreras.
 - Se realicen cambios estructurales o no estructurales significativos en el proceso, con base en el criterio experto del grupo multidisciplinario.
 - Se identifiquen de manera reactiva o prospectiva cambios en las amenazas exógenas al proceso.
 - Se materialicen incidentes Nivel 1 o Nivel 2 en el área de estudio.
 - Se modifiquen los identifiquen cambios en los elementos potencialmente expuestos.
 - Si han pasado tres (3) años sin revisión o actualización, para los escenarios de desastre.
 - Si han pasado cinco (5) años sin revisión o actualización, para los escenarios de riesgo mayor.
- El equipo multidisciplinario debe definir los mecanismos y espacios para la implementación y el seguimiento de la GDR.
- Los negocios definirán la periodicidad con que el equipo multidisciplinario evaluará y reportará los resultados de la GDR (esta periodicidad no debe ser mayor a tres (3) meses – trimestral).
- El equipo multidisciplinario debe valorar el riesgo con la RAM Ecopetrol vigente y debe documentar los resultados en el Formato de reporte GDR HSE-F-140.
- El equipo multidisciplinario debe reportar de manera trimestral los resultados de sus análisis al Corporativo, haciendo uso del Formato de reporte GDR HSE-F-140.
- Las gerencias operativas deben consolidar la información de sus áreas de manera periódica, con el ánimo de establecer un ranking de riesgo periódico para los escenarios de interés.
- La caracterización de barreras debe ser revisada y ajustada, en las siguientes situaciones:
 - Se han cumplido cinco (5) años de su vigencia.

	Guía para la Gestión Dinámica del Riesgo de Procesos (GDR)		
	Sistema de Gestión HSE Vicepresidencia HSE		
	CÓDIGO HSE-G-034	Elaborado 25/08/2022	Versión: 3

- Ante un cambio mayor en la tecnología del proceso (p.ej. actualización de unidades, aumentos de capacidad).
- Ante un cambio menor en la tecnología del proceso.
- Ante la actualización de los análisis de corbatín.
- Ante la actualización de la información disponible asociada con amenazas ajenas a la operación (p.ej. nueva información asociada amenazas naturales, socio-naturales o antrópicas).
- Ante la incorporación o reincorporación de activos.
- Ante la materialización de eventos no previstos en los análisis de riesgos y consecuencias.
- El documento "Estrategia de barreras y estándares de desempeño" debe ser revisado y ajustado, en las siguientes situaciones (si ha sido entregado por el proyecto o se cuenta con este documento):
 - Se ha cumplido cinco (5) años de su vigencia.
 - Ante un cambio mayor en los activos (p.ej. actualización de unidades, aumentos de capacidad).
 - Ante la actualización de los análisis de corbatín.
 - Ante la actualización de la información disponible asociada con amenazas ajenas a la operación (p.ej. nueva información asociada amenazas naturales, socio-naturales o antrópicas).
 - Ante la incorporación, desincorporación o reincorporación de activos.
 - Ante la materialización de eventos no previstos en los análisis de riesgos y consecuencias.

3 CONTINGENCIAS

N.A.

RELACIÓN DE VERSIONES

Documento Anterior			
Versión	Fecha dd/mm/aaaa	Código y Título del Documento	Cambios
1	12/09/2018	HSE-G-034 Guía para la Gestión de Riesgos Operacionales	Elaboración del documento
2	20/12/2019	HSE-G-034 Guía para la Gestión del Riesgo de Procesos y Modelo para la Gestión Dinámica del Riesgo	Se ajusta la Guía a la norma ISO 31000:2018 y se incorpora el modelo de Gestión Dinámica de Riesgo (GDR).
Documento Nuevo			
Versión	Fecha dd/mm/aaaa	Cambios	

	Guía para la Gestión Dinámica del Riesgo de Procesos (GDR)		
	Sistema de Gestión HSE Vicepresidencia HSE		
	CÓDIGO HSE-G-034	Elaborado 25/08/2022	Versión: 3

3	25/08/2022	<ul style="list-style-type: none"> Se modifica el nombre de la guía y se limita su alcance a la Gestión Dinámica del Riesgo (GDR), dada la emisión del lineamiento GEE-G-029. Se modifica la clasificación de escenarios de alta consecuencia con base en la nueva normativa PPAM y de gestión de riesgo de desastre. Se incorpora en el cuerpo de la guía la clasificación de barreras de IOGP y se elimina el anexo. Se incluyen requisitos específicos adicionales para la gestión dinámica de riesgo en pozos. Se incluyen requisitos específicos adicionales para la gestión dinámica de riesgo en líneas. Se elimina el Anexo A Gestión del Riesgo en virtud de que se publica la <i>Guía de Gestión Integral de Riesgos en el Grupo Ecopetrol (GEE-G-029)</i>, que incorpora los elementos desarrollados en este anexo.
---	------------	--

Para mayor información dirigirse a:

Autor(es): Lina María Parra, María Elena Calvachi, Carmen Amparo Valencia, Claudio Castañeda, Roberto Mideros, René Fernando Cuestas, Leonel Andrés Abreu, Mauricio Goyeneche, Lenin Francisco Silva, Javier Alexander Acosta, María Isabel Montoya, Juan Carlos Castro, Jorge Torrado, Ronal Lora y Felipe Muñoz Giraldo (Mesa Técnica de Riesgos).

Teléfono: 43215

Buzón: depseguridadprocesos19@ecopetrol.com.co

Dependencia: Gerencia de Seguridad Industrial y de Procesos

Revisado electrónicamente por:	Aprobado electrónicamente por:
JULIÁN EDUARDO CAMARGO CASTRO Jefe de Departamento Seguridad de Procesos Cédula de Ciudadanía 74.186.852	CÉSAR AUGUSTO ARAGÓN CASTAÑEDA Gerente Seguridad Industrial y de Procesos Cédula de Ciudadanía 79.343.226
<p><i>Documento firmado electrónicamente, de acuerdo con lo establecido en el Decreto 2364 de 2012, por medio del cual se reglamenta el artículo 7 de la Ley 527 de 1999, sobre la firma electrónica y se dictan otras disposiciones.</i></p> <p><i>Para verificar el cumplimiento de este mecanismo, el sistema genera un reporte electrónico que evidencia la trazabilidad de las acciones de revisión y aprobación por los responsables. Si requiere verificar esta información, solicite dicho reporte a Service Desk.</i></p>	

	Guía para la Gestión Dinámica del Riesgo de Procesos (GDR)		
	Sistema de Gestión HSE Vicepresidencia HSE		
	CÓDIGO HSE-G-034	Elaborado 25/08/2022	Versión: 3

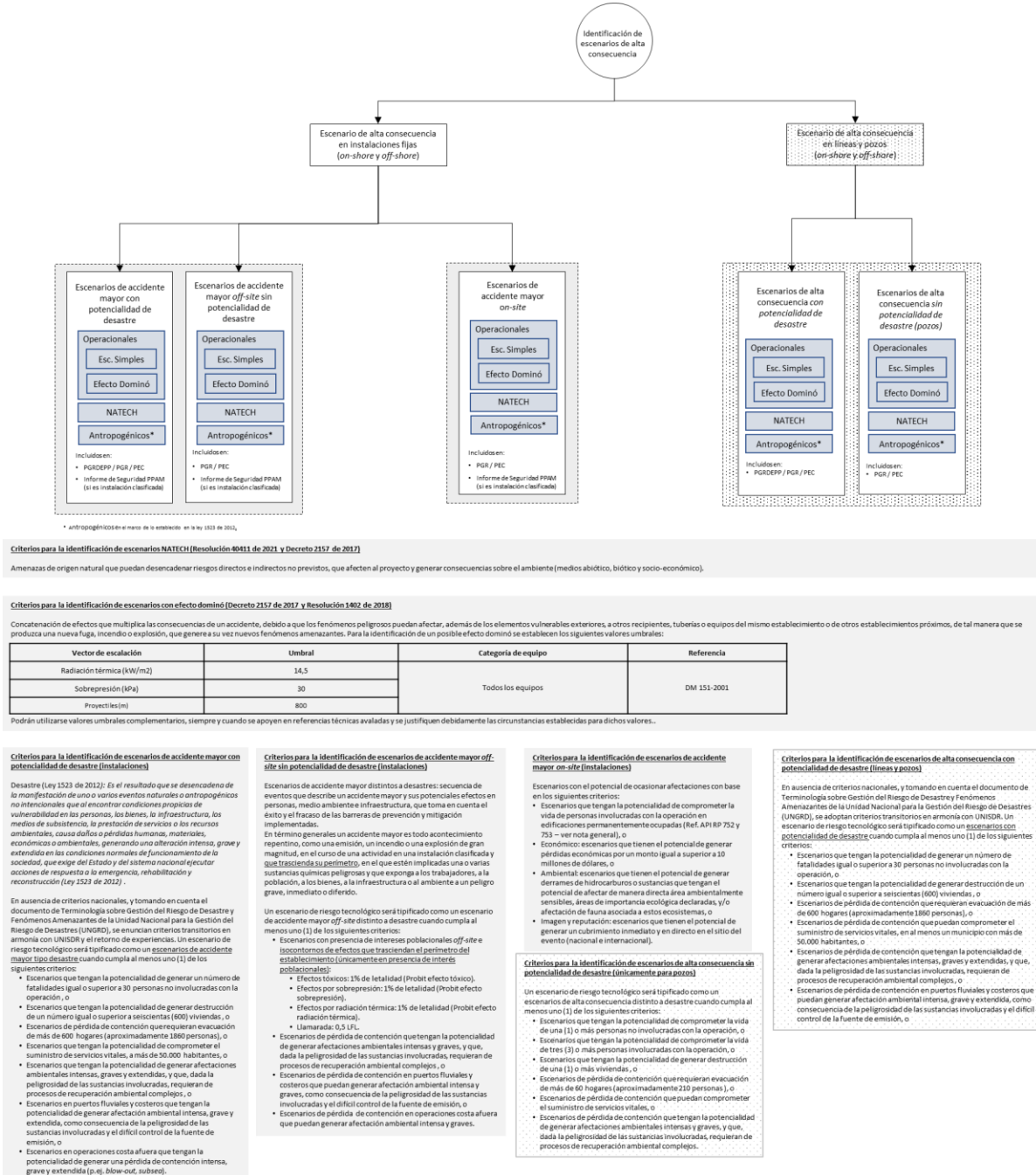
BIBLIOGRAFÍA

- [1] *Política Integral de Ecopetrol (SGC-POL-001)*.
- [2] ISO (International Standard Organization), «ISO 31000:2018: Gestión del riesgo – Directrices,» 2018.
- [3] DNV-GL, *Barrier Management in Operation for rig industry: Good Practice*, 2014.
- [4] SINTEF Technology and Society, *Guidance for Barrier Management in the Petroleum Industry*, 2016.
- [5] SINTEF Technology and Society, *Towards a Holistic Approach for Barrier Management in the Petroleum Industry*, 2015.
- [6] CCPS in association with the Energy Institute, *Bow ties in Risk Management: A Concept Book for Process Safety*, 2018.
- [7] IOGP, «ISO Standards for use in the oil & gas industry,» [En línea]. Available: <http://www.iogp.org/wp-content/uploads/2016/12/Standards-Issued-2017.pdf>. [Último acceso: 06 10 2019].
- [8] «Ley 1523 de 2012,» 2012.
- [9] «Decreto 2157 de 2017,» Bogotá, 2017.
- [10] Ministerio del trabajo, «Decreto 1072 de 2015,» Bogotá, 2016.
- [11] Ministerio de Trabajo, Programa de Prevención de Accidente Mayor PPAM, Bogotá: Ministerio de Trabajo, 2021.
- [12] Ministerio de Minas y Energía, *Resolución 40411 de 2021 del MME – Política de Gestión del Riesgo de Desastres para el sector minero energético*, 2021.
- [13] UNGRD, Valores nacionales de riesgo máximo individual accidental para instalaciones fijas y en especial las instalaciones fijas clasificadas de acuerdo al decreto 1347 de 2021 y se dictan otras disposiciones, Bogotá, 2022.
- [14] *Guía de Gestión Integral de Riesgos en el Grupo Ecopetrol (GEE-G-029)*.
- [15] *Guía de Administración de Seguridad de Procesos (HSE-G-037)*.
- [16] *Guía de análisis de riesgos de proceso (HSE-G-050)*.
- [17] *Guía para la Gestión de Riesgos en Proyectos (EDP-G-001)*.
- [18] Ecopetrol, *Guía para Análisis de Consecuencias y Análisis Cuantitativo del Riesgo HSE-G-022*, 2018.
- [19] *Guía para la Administración de la Seguridad de Procesos en Proyectos (EDP-G-005)*.
- [20] *Guía Directriz 32: Gerenciamiento dinámico e integral del riesgo*.
- [21] *Sistema de Gestión HSE (HSE-M-003)*.
- [22] Ó. Bravo-Mendoza y M. Sánchez-Celis, *Getión Integral de Riesgos*, Bogotá: B&S, 2012.
- [23] Petroleum Safety Authority Norway – PSA, *Principles for barrier management in the petroleum industry*, 2013.
- [24] OGP, *Standardization of Barrier Definitions - Report 544*, 2016.

	Guía para la Gestión Dinámica del Riesgo de Procesos (GDR)		
	Sistema de Gestión HSE Vicepresidencia HSE		
	CÓDIGO HSE-G-034	Elaborado 25/08/2022	Versión: 3

- [25] CCPS, *Layer of Protection Analysis: Simplified process risk assessment*, 2015.
- [26] OPITO, «Minimum Industry Safety Training Standard , Code 5301.,» [En línea]. Available: <https://downloads.opito.com/downloads/Minimum-Industry-Safety-Training-MIST-Standard.pdf?mtime=20191121144400>.
- [27] Presidencia de la Republica de Colombia, *Decreto 1347 del 26 de Octubre de 2021*, 2021.
- [28] ECP-DHS-P-011 *Procedimiento para elaboración de casos HSE (Metodología del corbatín)*.
- [29] CCSP Center for Chemical Process Safety , «CCSP Center for Chemical Process Safety,» [En línea]. Available: <https://www.aiche.org/ccps/resources/glossary?title=safeguard#views-exposed-form-glossary-page>.
- [30] API, «API Standards for Safe Offshore Operations,» 2015. [En línea]. Available: <https://www.api.org/~media/Files/Oil-and-Natural-Gas/Exploration/Offshore/API-standards-for-safe-offshore-operations-brochure.pdf>. [Último acceso: 06 11 2019].
- [31] Standards Norway, «NORSOK Standards for use in the oil and gas industry,» 2013. [En línea]. Available: https://www.standard.no/Global/PDF/Petroleum/Plansje_NORSOK.pdf. [Último acceso: 06 10 2019].
- [32] F. M. N. B. F. H. M. K. S. A. Pitblado R., «Dynamic Barrier Management – Managing Safety Barrier Degradation,» *HAZARDS 26* , nº SYMPOSIUM SERIES NO 161, 2016.
- [33] Ecopetrol - Coordinación de Gestión del Riesgo Operacional, *CONTROL Y ASEGURAMIENTO DEL NIVEL DE RIESGO DEL PROCESO DURANTE LA INHIBICIÓN DE BARRERAS*, 2018.
- [34] *Guía matriz valoración de riesgos GHS-G-035*.
- [35] Ecopetrol, *IDA-G-064 Guía para la clasificación de peligrosidad de pozos y definición de*, 2021.
- [36] *Procedimiento para la Gestión de Riesgos de Procesos en el Grupo Ecopetrol (GEE-P-005)*.
- [37] NTNU, *Operational Safety: The Platform Manager's Risk Control Tool*, 2013.
- [38] S. Gustafson, *Barrier Management Within the Oil and Gas Industry*, Lund, 2014.
- [39] F. K. N. Paltrinieri, *Dynamic Risk Analysis in the Chemical and Petroleum Industry*, Elsevier, 2016.
- [40] Ecopetrol, *EDP-G-001 - GUÍA DE GESTIÓN DE RIESGOS EN PROYECTOS*, 2019.
- [41] Ecopetrol, *EDP-G-005 - GUÍA PARA LA ADMINISTRACIÓN DE LA SEGURIDAD DE PROCESOS EN PROYECTOS*, 2019.
- [42] CCPS, *Guidelines for Hazards Evaluation Procedures*, Wiley, 2008.
- [43] DIRECCIÓN DE HSE & GESTIÓN SOCIAL, Ecopetrol, *FORMATO CORBATIN*, 2013.
- [44] E. DIRECCIÓN DE HSE & GESTIÓN SOCIAL, *FORMATO PLAN DE MEJORA*, 2013.
- [45] S. Sklet, «Safety barriers: Definition, classifications, and performance,» *Journal of loss prevention*, nº 19, pp. 494-506, 2006.
- [46] *Guía de Gestión Integrada de Riesgos en el Grupo Ecopetrol (GEE-G-029)*.

ANEXO A. IDENTIFICACIÓN Y CRITERIOS DE ESCENARIOS DE ALTA CONSECUENCIA



	Guía para la Gestión Dinámica del Riesgo de Procesos (GDR)		
	Sistema de Gestión HSE Vicepresidencia HSE		
	CÓDIGO HSE-G-034	Elaborado 25/08/2022	Versión: 3

NOTA GENERAL

Los criterios aquí expuestos se enmarcan en la prevención de accidentes de alta consecuencia y baja probabilidad (seguridad de procesos). Por lo anterior, los criterios expuestos se enmarcan en el ámbito de gestión de seguridad de procesos, la cual focaliza sus esfuerzos en escenarios de alta consecuencia y baja probabilidad, con el ánimo de complementar la gestión realizada por las otras disciplinas HSE (p.ej. Seguridad industrial, salud ocupacional). Para Ecopetrol la protección de la vida es un principio fundamental y por ello estamos comprometidos con preservar la vida en sus diferentes manifestaciones, es por esto que nos cuidamos, cuidamos a los demás, y cuidamos el planeta.

En la definición de escenarios de alta consecuencia prima el criterio experto (foco seguridad de procesos). El equipo multidisciplinario del área es quien define los escenarios de desastre con base en:

1. La definición de la ley 1523 de 2012 (desastre): "Es el resultado que se desencadena de la manifestación de uno o varios eventos naturales o antropogénicos no intencionales que al encontrar condiciones propicias de vulnerabilidad en las personas, los bienes, la infraestructura, los medios de subsistencia, la prestación de servicios o los recursos ambientales, causa daños o pérdidas humanas, materiales, económicas o ambientales, generando una alteración intensa, grave y extendida en las condiciones normales de funcionamiento de la sociedad, que exige del Estado y del sistema nacional ejecutar acciones de respuesta a la emergencia, rehabilitación y reconstrucción"; y
2. Los criterios de referencia emitidos desde la Mesa Técnica de Riesgos (deben ser utilizados como guía, más no como criterios únicos); y
3. Los análisis de efectos, consecuencia y riesgo con que cuenta el área; y
4. El contexto externo específico en que se enmarca la actividad; y
5. Los referentes internacionales para la definición de escenarios de accidente mayor con base en el número de fatalidades de personas involucradas con la operación on-shore (3 fatalidades) y off-shore (5 fatalidades); y
6. Los requerimientos históricos y solicitudes que ha recibido el área por parte de autoridades ambientales, entes de control, etc.

Pueden existir casos umbral donde el equipo multidisciplinario debe complementar los criterios emitidos con los principios incluidos en la Ley 1523 de 2012 y los corporativos.

*Origen: "The definition of a Major Accident Hazard – 5 or more fatalities (sometimes a lower number dependent on company but the '5' comes from the Safety Case Regulations definition of MAH)" (OPITO, Minimum Industry Safety Training Standard, Code 5301, [link](#))

"In ENSAD whenever one or more of seven consequence thresholds is met, an accident is considered to be severe: at least 5 fatalities..." (Energy-related Severe Accident Database (ENSAD), A Comparison of Risk Measures for Accidents in the Energy Sector and Their Implications on Decision-Making Strategies, [link](#))

	Guía para la Gestión Dinámica del Riesgo de Procesos (GDR)		
	Sistema de Gestión HSE Vicepresidencia HSE		
	CÓDIGO HSE-G-034	Elaborado 25/08/2022	Versión: 3

ANEXO B. MÉTODO DE CORBATINES

Antes de iniciar el taller de corbatines, el líder del equipo debe plantearse las siguientes preguntas:

- ¿A quiénes va dirigido el corbatín?
- ¿Cuántos escenarios se van a desarrollar y cómo se van a relacionar?
- ¿Cómo se va a guardar el registro del taller?
- ¿Cuál es la terminología y las reglas para utilizar?
- ¿Hay tiempo suficiente y se cuenta con el personal necesario?

De igual manera, el equipo multidisciplinario debe recopilar toda la información del área industrial disponible, para revisión previa al taller, la cual incluye:

- Corbatines realizados previamente.
- Documentos relacionados con la estrategia de seguridad.
- Diagramas de flujo de proceso o una descripción detallada de las actividades que hacen parte del alcance.
- Estudios de análisis de peligros y de riesgo realizados previamente y la descripción de los cambios realizados desde entonces (p.ej. HAZOP, LOPA, QRA).
- Hallazgos y recomendaciones de auditorías.
- Histórico de incidentes de la instalación y lecciones aprendidas del negocio, la empresa, el Grupo Empresarial y el sector.
- Planimetrías de las instalaciones.
- Matriz de valoración de riesgos (RAM).
- Formatos de ECP-DHS-P-011 [25].
- P&ID (*Piping and Instrumentation*).
- Procedimientos de operación y mantenimiento.
- Clasificación de áreas.
- Otra.

Al inicio del taller se debe hacer un resumen de las reglas establecidas y recordar cuál es el alcance y los objetivos de este. El facilitador debe asegurarse que todas las personas involucradas se presenten y comenten su experiencia previa. Se sugiere realizar una presentación sucinta del método y de la terminología a ser utilizada. Si algún miembro del equipo no tiene conocimiento preliminar del método, se debe realizar una sesión de entrenamiento previo. Se recomienda generar una lluvia de ideas y, más adelante, utilizar a un corbatín previamente elaborado, para comparar y discutir las diferencias.

Nota: al utilizar software especializado, se recomienda guardar diferentes versiones del archivo durante el ejercicio y utilizar una pantalla para proyectar el avance de este. En caso de no utilizar software, pueden realizarse los corbatines empleando grandes formatos, tableros o papelógrafos.

Nota: una vez finalizado el taller, el facilitador y el documentador deben reunirse para organizar los corbatines construidos y asegurarse que cumplen con la calidad esperada. Para ello, se recomiendan hacerse las siguientes preguntas:

	Guía para la Gestión Dinámica del Riesgo de Procesos (GDR)		
	Sistema de Gestión HSE Vicepresidencia HSE		
	CÓDIGO HSE-G-034	Elaborado 25/08/2022	Versión: 3

- ¿Los corbatines están de acuerdo con el alcance y los objetivos planteados?
- ¿Todos los elementos del corbatín están de acuerdo con los lineamientos de la presente guía (peligros, amenazas, consecuencias, barreras, factores y controles de degradación)?
- ¿Fue utilizada la terminología correcta?
- Si se realizaron múltiples corbatines, ¿son consistentes entre ellos?
- ¿La complejidad del corbatín está acorde con su uso futuro y el tipo de usuarios al que está destinado?
- ¿El evento límite representa una pérdida de control del peligro? Revisar que no se haya identificado algún tipo de consecuencia.
- ¿Se tienen muy pocas o demasiadas amenazas? Esto podría agregar complejidad innecesaria.
- ¿Todas las amenazas podrían llevar al evento límite y son creíbles? ¿Podrían conducir a las consecuencias?
- ¿Todas las consecuencias están directamente relacionados con el evento límite?
- ¿Han sido identificadas demasiadas barreras? Esto usualmente obedece a que algunos controles de degradación han sido identificados como barreras.
- ¿Se han incluido barreras triviales (p.ej. señalización)? Estas podrían ser añadidas como controles, en caso de tener mucha importancia.

Factores humanos en el método de corbatines

Por otra parte, el término factor humano se utiliza para describir la interacción entre los individuos y los sistemas técnicos u organizacionales. Esta interacción está influenciada por el ambiente de trabajo y la cultura de las personas involucradas en operación. En los corbatines, los factores humanos suelen emerger como amenazas, barreras, factores de degradación o como parte de los controles de degradación. En algunas oportunidades, durante el desarrollo del taller, el equipo multidisciplinario puede llegar a utilizar el término error humano como amenaza y, si esto llega a ocurrir, el facilitador debe prestar especial atención. El error humano debe ser definido de manera específica, como, por ejemplo: error del procedimiento, error por desconocimiento, pero nunca de manera genérica "error humano".

Los factores humanos pueden ser considerados barreras humanas. Generalmente las barreras humanas se adaptan de manera rápida y flexible a la situación, lo que no ocurre, en algunas ocasiones, con las barreras técnicas. Para que los factores humanos puedan ser considerados como barreras, estos deben ser efectivos, independientes y auditables, y dado que serían considerados como barreras activas, deben tener detección, decisión y acción.

Ejemplo: las barreras humanas no pueden ser documentos, pero si pueden ser sistemas integrados y que están bien entendidos por los colaboradores. Estos deben contener unos pasos a seguir y un proceso de revisión. Un ejemplo de una barrera humana pueden ser los equipos que ejecutan sistemas de permiso de trabajo en caliente, esto incluye todo el procedimiento, el cumplimiento del entrenamiento, las autorizaciones, el chequeo independiente durante el trabajo y la revisión documental posterior al trabajo; en este caso, la barrera es todo el equipo trabajando de acuerdo con los procedimientos y no el permiso el documento como tal.

Cuando se consideran barreras humanas emerge la siguiente paradoja: se debe tener mucho cuidado al considerar la eficacia de las acciones humanas como barreras y sería muy conservador el no acreditarlas en condiciones bien definidas.

Ejemplo: algunos ejemplos de criterios para auditar los factores humanos organizacionales son:

- La desviación del proceso y la acción humana son independientes de alarmas.

	Guía para la Gestión Dinámica del Riesgo de Procesos (GDR)		
	Sistema de Gestión HSE Vicepresidencia HSE		
	CÓDIGO HSE-G-034	Elaborado 25/08/2022	Versión: 3

- La acción requerida por el operario es detectable.
- Exista suficiente tiempo para completar de manera satisfactoria la acción requerida.
- El proceso de toma de decisiones del operador no requiere un diagnóstico complejo.
- Existe una guía o procedimiento para afrontar los posibles problemas, incluyendo una descripción de los peligros, las condiciones del proceso que requieren una parada, etc.
- La carga normal de trabajo del operador permite completar todas las acciones necesarias para cumplir la función de la barrera.
- El operador puede tomar las acciones necesarias, bajo condiciones razonables y está entrenado en el procedimiento específico a seguir, sin ponerse en peligro.
- Las condiciones ergonómicas han sido tenidas en cuenta en el diseño.

Con frecuencia es difícil que se cumplan todos los criterios del ejemplo anterior, por lo que habitualmente se consideran los factores humanos como controles de degradación (p.ej. aseguramiento de competencias, inspecciones, mantenimientos, auditorías periódicas y programas de cultura de seguridad y disciplina operativa. Las capacitaciones y los entrenamientos son actividades específicas realizadas de manera teórica (capacitaciones) y de manera práctica (entrenamientos), en cuanto a las capacitaciones es fácil medir su efectividad mediante evaluaciones; sin embargo, es difícil medir la efectividad de la práctica. Los entrenamientos, capacitaciones y las competencias que estos ayudan a desarrollar en el personal, pueden agruparse como un control de degradación, dado que son dependientes los unos de los otros, aun cuando deban medirse de manera independiente. El entrenamiento para ciertas tareas específicas soporta las barreras siempre que esté relacionado con tareas críticas de seguridad relacionadas. El entrenamiento que no es específico para estas tareas no debe ser considerado un control de degradación.

Finalmente, en otras ocasiones los errores humanos se visualizan como factores de degradación (p.ej. errores al seguir un procedimiento, descuidos, acciones no intencionadas). Algunas de estos factores pueden ser difíciles de manejar en un corbatín antes de que ocurran y pueden ser capturados por revisiones de manejo del cambio.

Ejemplo: puede ser posible tener un factor de degradación como por ejemplo "cambios al sistema de seguridad, que no son gestionados como cambios", teniendo como control de degradación "revisión de manejo del cambio"; sin embargo, esto podría aplicar a cualquier barrera en un corbatín y en estos casos es mejor abordarlo desde el sistema de Gestión del cambio MOC.

	Guía para la Gestión Dinámica del Riesgo de Procesos (GDR)		
	Sistema de Gestión HSE Vicepresidencia HSE		
	CÓDIGO HSE-G-034	Elaborado 25/08/2022	Versión: 3

ANEXO D. ESTRATEGIA DE BARRERAS Y ESTÁNDARES DE DESEMPEÑO

El documento de estrategia de barreras para el proceso EDP o el modelo de proyectos de las empresas filiales, debe contar con la siguiente información.

- i. Componente común para todas las divisiones de Ecopetrol G.E.
 - Introducción.
 - Alcance.
 - Objetivo.
 - Terminología, abreviaturas y referencias.
 - Descripción del proceso de GDR.
- ii. Componente específico para el área debe contener:
 - Descripción del contexto general.

Sugerencias: describa el contexto general donde se encuentran inmersos el activo industrial o el proyecto que es considerado fuente de peligro (escenarios de riesgo de desastre, riesgo mayor o algún otro escenario definido por el negocio). Una vez descrita el contexto general, proceda a describir el activo, los activos o el proyecto que es considerado la fuente del o los escenarios de interés.

Se recomienda:

- Ser breve (máximo 1 página).
- Utilizar ilustraciones que brinden contexto general.
- Utilizar figuras y tablas, con el ánimo de sintetizar la información.
- Referenciar documentos donde el lector pueda encontrar información complementaria.

- Descripción de los peligros y los escenarios de riesgo mayor y de desastre en el área (activo industrial).

Sugerencias: realice un párrafo introductorio y relacione los peligros, escenarios de interés y los corbatines realizados.

Incluya un listado de: o Las amenazas y las barreras de prevención asociadas con el corbatín correspondiente.

- Las consecuencias y las barreras de mitigación asociadas con el corbatín.
- Los factores y controles de degradación asociados con el corbatín.

- Caracterización de las barreras:

Sugerencias: listar las características de las barreras, de acuerdo con lo indicado en la Tabla 5 de la guía HSE-G-034.

	Guía para la Gestión Dinámica del Riesgo de Procesos (GDR)		
	Sistema de Gestión HSE Vicepresidencia HSE		
	CÓDIGO HSE-G-034	Elaborado 25/08/2022	Versión: 3

- Descripción de los elementos de barrera identificados y sus requisitos de desempeño.
- Descripción de las actividades de verificación (e intervalos) para el seguimiento del desempeño de las barreras.