

# PMM PROJECT

## MAGAZINE

Volumen 41

■ **METODOLOGÍA DE INSPECCIÓN BASADA EN EL ANÁLISIS CUANTITATIVO DEL RIESGO.**

Artículo de Espinoza Henry.

■ **LA APLICACIÓN DEL ANÁLISIS DE RIESGOS A LA SEGURIDAD DE INFRAESTRUCTURAS HIDRÁULICAS. EL CASO DE LAS PRESAS.**

Artículo de Dr Luís Artarejos.



■ **ENTREVISTA A:**

José Fernando Espinal

**SIN RIESGO  
NO HAY  
ÉXITO**

# ÍNDICE

PÁG.

03

## **Consejo editorial.**

Consejo editorial de la revista PMM Project.

04

## **Carta del Editor.**

*Dr. Luis Amendola, Ph.D.*

05

## **ENTREVISTA:**

*José Fernando Espinal*, alumno de Postgrado de Especialización Profesional en Gestión Integral de Activos Físicos II Edición

08

## **Experiencia PMM**

*Dr. Luis Amendola, Ph.D.*

10

## **LIBROS RECOMENDADO:**

Ediciones PMM Institute for Learning

11

## **ARTÍCULO:**

**Metodología de inspección basada en el análisis cuantitativo del riesgo.**

*Espinoza. Henry(1). Centro de Termofluidodinámica y Mantenimiento. Universidad de Oriente, Venezuela*

20

## **ARTÍCULO DE OPINIÓN:**

**La aplicación del análisis de riesgo a la seguridad de infraestructuras hidráulicas. El caso de las presas.**

*Dr. Luis Altarejos. Ingeniero de Caminos. Universidad Politécnica de Cartagena.*

28

## **Noticias.**

Descubre dónde hemos estado en este último trimestre.

30

## **Calendario 2017 (Junio - Agosto)**

Nuestro calendario con los próximos programas y eventos para el 2017.

# Equipo PMM Project

# CONSEJO EDITORIAL

## Editor:

### **Dr. Luis Amendola Ph.D.**

CEO & Managing Director. PMM Institute for Learning. Director PMM Business School. Research Universidad Politécnica de Valencia

## Senior Editor:

### **Tibaire Depool, Ph.D.**

IPMA C-Certified Project Manager. Executive PMM Institute for Learning. Unidad de Negocios Iberoamérica-Europa. Academic Director PMM Business School

## Editorial Board:

### **Salvador Capuz Roza Ph.D., IPMAB**

Catedrático Universidad Politécnica de Valencia.

Presidente de AEIPRO. España.

### **Rafael Lostado, Ph.D.**

Profesor Titular Universidad de Valencia. Asesor de la empresa Odpe. Consultor Industrial en Europa e Iberoamérica de Project Management.

### **Miguel Ángel Artacho, Ph.D.**

Profesor Titular Universidad Politécnica de Valencia. Asesor de investigación, Desarrollo e Innovación de PMM Institute for Learning & PMM Business School.

### **Nelson Cuello, Ing. M.Sc.**

Magíster en Ingeniería Industrial & Gestión de Activos. Subgerente de Mantenimiento Cristalerías Chile.

### **Marc Gardella Ph.D.**

Industrial Engineer Universidad Politécnica de Valencia. Master in Business Administration, MBA en ESADE Business School. General Manager PDMSIMRO.

### **José Manuel González, Ing. M.Sc., CMRP**

Experto en Planificación de Mantenimiento y Confiabilidad. Empresa RasGas. Qatar.

### **Ángel P. Sánchez Rodríguez, Ph.D.**

Consultor en Gestión de Mantenimiento & Servicios. Especialista en Mantenimiento, Plantas Industriales, Edificación e Infraestructura Civiles.

## Graphic Designers:

### **Sara Alcaide Ing. M.Sc.**

Ingeniera en Diseño Industrial. Diseño Product Marketing Business. Training Consultant. PMM Group.

### **Ariana Mata Ing.**

Ingeniera en Diseño Industrial. Diseño Product Marketing Business. Training Consultant. PMM Group.

### **Noelia Albert Ing.**

Ingeniera en Diseño Industrial. Diseño Product Marketing Business. Training Consultant. PMM Group.



# Luis Amendola

## CARTA EDITOR



Dr. Luis Amendola, Ph.D



### ¿Qué característica debería tener una empresa para desarrollar un buen plan estratégico de gestión de activos?

Uno de los primeros pasos es crear la **cultura organizacional**, en la cual es muy importante tener en cuenta la parte estratégica, táctica y operativa. Creando cultura en esta área podemos asegurar con éxito el diseño de un **plan estratégico de gestión de activos**

Cabe decir que, otro paso importante es hacer un análisis de la demanda y del mercado, hacia donde voy a ir en los próximos dos o tres años, de esta manera ver el análisis de la demanda con los stakeholders, puedo preparar los objetivos organizacionales y puedo preparar una política de gestión de activos y un plan estratégico de gestión de activos, el cual debe estar alineado a la misión y visión de la compañía. Para ello es muy importante utilizar todas las técnicas de Design Thinking que PMM viene utilizando en empresas del sector energético, de automoción, de oil & gas y de minería, entre otros, para tratar de integrar lo estratégico con lo táctico y lo operativo. Allí es donde está el secreto.

### Equipo PMM Business School



# ENTREVISTA

José Fernando Espinal, alumno de Postgrado de Especialización Profesional en Gestión Integral de Activos Físicos II Edición



## ¿Qué le recomendaría a empresas que están pensando en asignar recursos a la gestión de activos?

“Que asuman el riesgo, eso hicimos nosotros apostándole a un futuro y sentimos que vamos con el camino que es, sabemos que nos falta trayecto pero hemos dado el primer paso hacia la construcción de nuestro sueño.”



► **PMM Project Magazine:** Usted ha sido alumno destacado de la 2ª edición del Postgrado de Especialización Profesional en Gestión de Activos Físicos, ¿qué beneficios le ha aportado a usted haber realizado este Especialista a nivel profesional?

*Dentro del rol que estoy ejerciendo dentro de la empresa para la cual trabajo, me ha permitido poder estructurar un área de operaciones la cual pueda atender todos los requerimientos a nivel de clientes internos como clientes externos, permitiendo fortalecer las relaciones a largo plazo, buscando el óptimo manejo de nuestros activos y la mejor relación entre el manejo de los ingresos y gastos para obtener una mejor rentabilidad.*

**Esta entrevista busca poner la lupa en aquellas necesidades que actualmente tiene la industria a nivel de gestión de activos.**

Desde PMM Project Magazine esperamos que el contenido sea de vuestro interés y le invitamos a que nos escriba a: [marketing3@pmmlearning.com](mailto:marketing3@pmmlearning.com)

para que nos indique qué le ha parecido esta entrevista y de qué otros temas quieren que tratemos.

► **PMM Project Magazine:** El programa incluye dos sesiones presenciales en Bogotá, Colombia. ¿Qué le parecieron a usted estas sesiones? ¿qué le aportó cada una de ellas?

*Primero estas sesiones me parecen perfectas, porque uno comparte con personas de todo tipo de industria, escuchando y aprendiendo lecciones de varios frentes de trabajo, los cuales uno puede analizar y poner en práctica en su gestión.*

► **PMM Project Magazine:** Usted participó en este programa y ha mantenido contacto después con la escuela, ¿cuál fue su experiencia en general con la escuela de negocios PMM Business School?

*Me parece que tienen una muy buena estructura en términos de formalización, cubriendo los campos de la industria, el facility management y otros. Tienen muy buenas herramientas de seguimiento, de aprendizaje y especialmente nos mantienen en contactos para poder estar actualizados en los campos que mencione.*

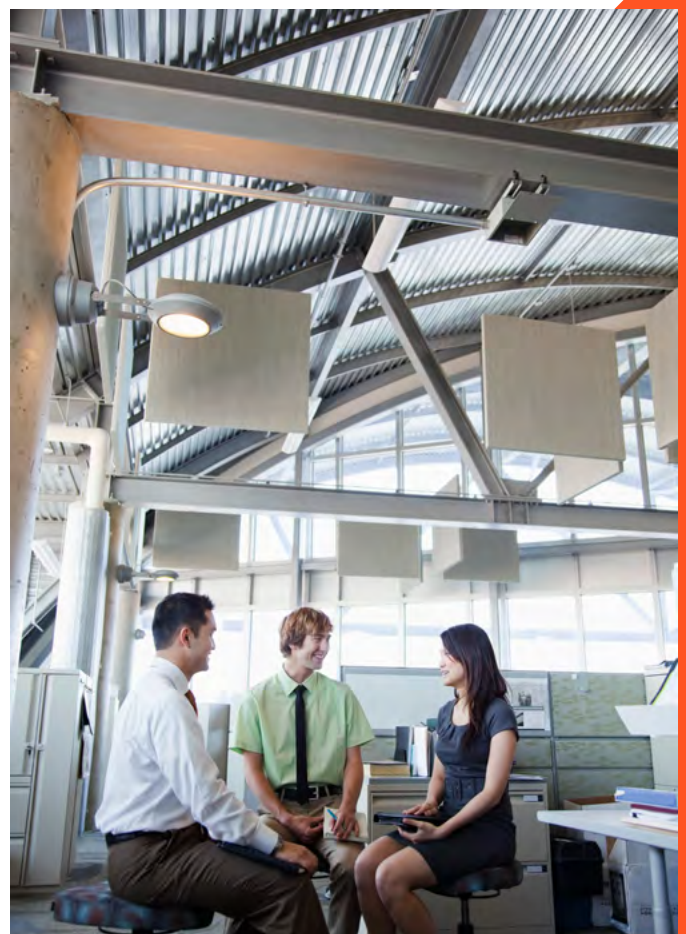
► **PMM Project Magazine:** Antes de realizar el programa, ¿cuál era su conocimiento respecto a la disciplina de gestión de activos (asset management)?

*Yo desde hace 4 años inicié un nuevo reto en mi vida y es conocer del real state, por ende poco a poco fui profundizando en el tema, fui conociendo temas de ciudades como New York, quienes tienen un amplio conocimiento en el asset management, pero faltaba poder entender el panorama completo frente a mis activos, su vida útil*

*y cómo podemos apalancar los buenos indicadores con la gestión de los mismos, encontré la formación que ustedes manejan y pude ampliar esta visión, y hoy en día poder ofrecer una administración integral en nuestra gestión.*

► **PMM Project Magazine:** Dada su formación y experiencia, ¿qué beneficios aporta a su sector la gestión de activos?

*Desde el rol que desempeño hoy en día, permite enfocar recursos y esfuerzos en agregar valor a la compañía, obtener mejores rentabilidades y optimizar planes de mantenimiento que permitan reducir costos y prolongar la vida útil de nuestros activos. Dejando de ser un área de manejo de postventas a un área integral y core de negocio.*





►PMM Project Magazine: **¿Qué crecimiento percibe usted que tendrá la gestión de activos y el facility management, que es su área de especialización?**

*En este aspecto tenemos un reto muy interesante aquellos que vibramos por este tema, demostrando poco a poco la importancia que hacer gestión de activos y el valor diferencia que se obtiene de la misma.*

*Las empresas y las organizaciones educativas deben reforzar sus planes de capacitación y de sensibilización para asimilar estos procesos al interior de cualquier compañía. En el mediano y largo plazo esto va a ser tendencia mundial, por que hacer gestión de activos nos va a permitir poder gerenciar la sostenibilidad y los recursos en pro de un beneficio colectivo, y las organizaciones van a poder gestionar sus recursos de una manera más eficiente controlando el gastos con excelentes procesos de gestión y manuales claros que permitan el entendimiento general de estas especialidad.*

►PMM Project Magazine: **En muchas ocasiones las organizaciones no están seguras de invertir en gestión de activos. ¿Qué le recomendaría a empresas que están pensando en asignar recursos a la gestión de activos?**

*Que asuman el riesgo, eso hicimos nosotros apostándole a un futuro y sentimos que vamos con el camino que es, sabemos que nos falta trayecto pero hemos dado el primer paso hacia la construcción de nuestro sueño.*

►PMM Project Magazine: **¿Cómo recomendaría usted que se llevara a cabo la implementación de gestión de activos?**

*La implementación de la gestión de activos, es bueno hacerlo de la mano de quien te pueda guiar, asesorar y dar la estructura base para que puedas entender y retroalimentar a todas las áreas funcionales de la organización y de esta forma generan el conocimiento básico para que todos le apunten hacia el mismo objetivo.*

►PMM Project Magazine: **¿Por qué usted piensa que los profesionales deberían desarrollar sus competencias en gestión de activos?**

*Para mí esto permite poder desarrollar competencias en la toma de decisiones, frente a manejo de inversiones, proveedores y situaciones difíciles en pro de no perder en foco en la empresa y los clientes.*

►PMM Project Magazine: **Basándose en su experiencia, ¿recomendaría el programa a otros profesionales?**

*Total, es un excelente programa.*



# ¡Únete a nosotros! EXPERIENCIA PMM



Alumnos del Máster en Gestión Integral de Activos- Semana Presencial, Abril (2017)

## ¿Porqué estás estudiando el Máster en Gestión Integral de Activos?



**Martin Jose Zuzek (Argentina)** - Ingeniero Mecánico Aeronáutico  
Gerente de Ingeniería de Mantenimiento, Pluspetrol S.A.

"En mi caso particular, me he apoyado en gente que realmente sabe de esto. Y lo que he encontrado aquí, en el equipo de PMM, son profesores que realmente le han dedicado mucho tiempo a este tema en particular, tienen mucha experiencia en implementación de este tipo de metodología. Gracias a ello realmente le estoy dando mucha utilidad y aplicabilidad a todo lo que hemos aprendido."



**Cristian Rivera (Colombia)** - Ingeniero Mecánico  
Especialización en Gerencia del Mantenimiento  
Personal de Soporte, refinería de Cartagena, Industrial Consulting SAS.

"Me encuentro muy motivado en aprender nuevas perspectivas de realizar las cosas y digamos que este máster es muy interesante porque interactuamos con personas de distintos países. Es muy gratificante conocer diferentes formas y como lo podemos hacer en gestión de activos en la industria petrolera como también en otros sectores."

## ¡VIVE UNA EXPERIENCIA ÚNICA CON PMM!





E04  
POSTGRADO

# ESPECIALISTA

**Gestión Integral de Activos Físicos**

Alineado a la ISO 55001

**Inicio: 10 de Julio de 2017**



Sello de calidad  
Escuelas de negocios

**DOBLE TITULACIÓN**  
**FORMACIÓN B-LEARNING**  
**PROFESORADO EXPERTO**  
**NETWORKING**  
**DURACIÓN: 6 MESES**

**TITULADOS CON EXPERIENCIA**

**CERTIFICACIONES INTERNACIONALES**

- A1 The Benefits of Asset Management
- A2 Introduction to Asset Management System
- B1 The Benefits of Asset Management System
- B5 Implementation Asset Management Plans

✓ **PERMITE CONTINUAR CON EL ESTUDIO EN MBA GESTIÓN DE ACTIVOS** ✓

## Máster (Magister) en Gestión de Activos



Sello de calidad  
Escuelas de negocios

**VII edición**

# MBA

**Inicio: 11 Septiembre 2017**

**Business & Physical Asset Management**

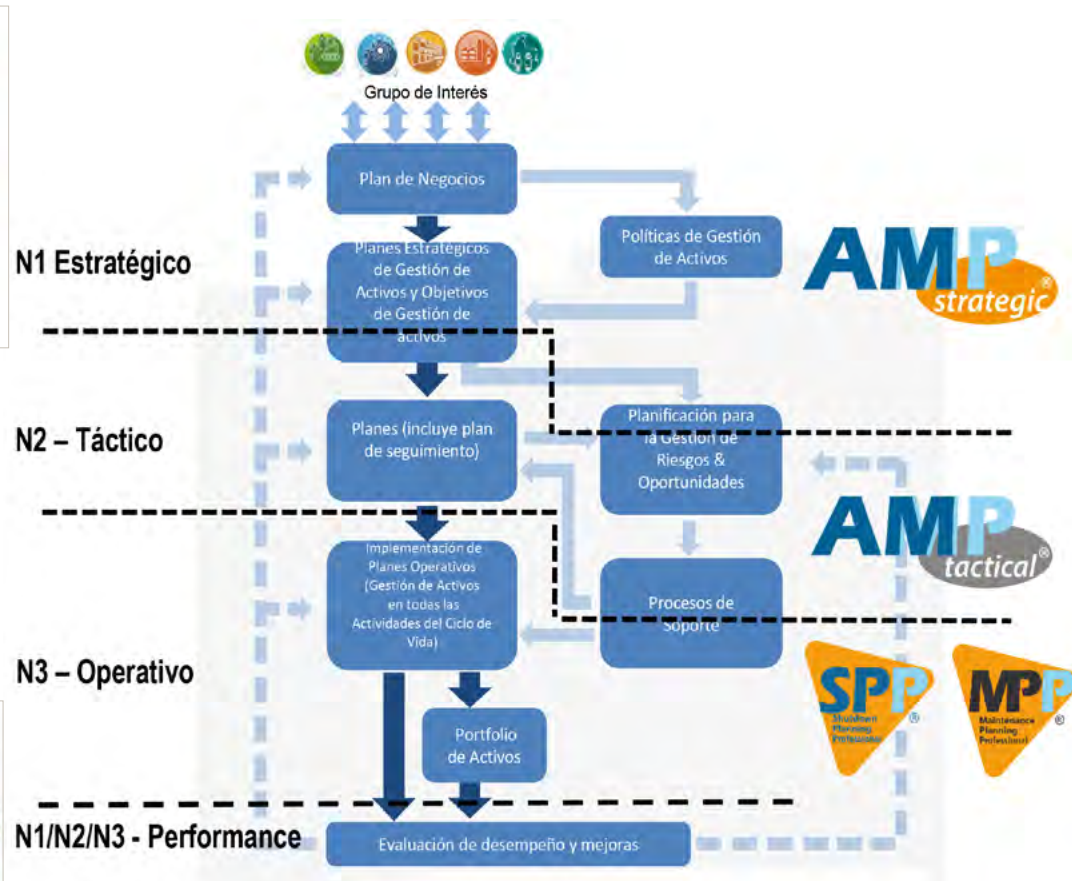
Doble titulación  
Nos adaptamos a tu horario  
Duración: 1 año de formación  
Semana presencial

**Certificaciones internacionales:**  
**A1, A2, B1 y B5**

**¡EL ÚNICO EN HABLA HISPANA!**

# LIBROS RECOMENDADOS

Ediciones PMM Institute for Learning



ENTRA EN NUESTRA TIENDA VIRTUAL PARA ADQUIRIR ESTA COLECCIÓN DE LIBROS O PARA INFORMARTE DE OTROS PRODUCTOS

<https://storepmm.com/es/>



Pregunta por ellos enviándonos un correo electrónico a:

[informacion@pmm-bs.com](mailto:informacion@pmm-bs.com)

**¡Pídelo ya!**



# METODOLOGIA DE INSPECCIÓN BASADA EN EL ANÁLISIS CUANTITATIVO DEL RIESGO



**Espinoza. Henry(1)**

**Centro de Termofluidodinámica y Mantenimiento. Universidad de Oriente, Venezuela.  
HE Consulting, C.A, Venezuela / hjespinozab@gmail.com**

## Resumen

En el presente documento se expone una metodología de elaboración de programas de inspección basado en el análisis cuantitativo del Riesgo. En primer lugar se explican los conceptos de inspección, riesgo e inspección basada en riesgo. Luego se definen las etapas de la metodología. Se desarrolla la metodología de cálculo de riesgo cuantitativo como el producto de la probabilidad de falla por la consecuencia, de acuerdo a la norma API 581. La probabilidad de falla se explica usando el concepto de Frecuencia Ajustada, definida como la frecuencia genérica, multiplicada por un factor de modificación de equipo y por un factor de evaluación de gerencia del sistema. Para el análisis de consecuencias se utiliza el procedimiento de la sección 7 de de la Norma API PD 581. La jerarquización de equipos y fallas se hace usando la matriz de riesgo, luego finalmente se plantea el método de determinación de las actividades y sus frecuencias de inspección a incluir en el plan de inspección.

Palabras clave: IBR, RBI, riesgo, criticidad, inspección, mantenimiento

## Introducción

### 1.1 ¿Que es un programa de inspección basada en riesgo?

El propósito de un programa de inspección es definir y realizar aquellas actividades necesarias para detectar el deterioro de los equipos antes de que se produzcan las fallas. Por lo tanto, la Inspección basada en Riesgo (IBR o RBI) es una metodología que utiliza el riesgo como base para definir la prioridad y el esfuerzo de los programas de inspección. Donde el riesgo es un término de naturaleza probabilística, que representa la posibilidad de que el peligro se convierta en daño. El peligro es un evento considerado anormal y el daño es una consecuencia no deseada.

El producto de aplicar la metodología IBR es un plan de inspección, el cual se basa en lo siguiente:

- a) Investigar las unidades operativas dentro de una planta para identificar las áreas de alto riesgo.
- b) Estimar un valor de riesgo asociado con la operación de cada equipo usando una metodología consistente de medición del riesgo.
- c) Priorización de los equipos basados en los resultados de la aplicación de la metodología de medición del riesgo.
- d) Diseño de un programa apropiado de inspección.

**1<sup>o</sup> EXPLICAR CONCEPTOS DE INSPECCIÓN, RIESGO E INSPECCIÓN BASADA EN RIESGO**



e) Gestionar sistemática y convenientemente el riesgo de falla de los equipos.

## 1.2. Relación inspección-riesgo

Donde no hay inspección el nivel de riesgo es alto, pero cuando se incrementan las actividades de inspección se reduce el riesgo. El riesgo nunca llega al nivel cero, debido a que siempre existe riesgo residual, pero deben existir niveles óptimos de riesgo-inspección-costos.

Los factores que introducen riesgo residual en el caso de una pérdida de la función contenedora son los siguientes: Errores humanos, desastres naturales, eventos externos, efectos secundarios de otras plantas o consecuencias de fallas en otros equipos, actos terroristas, limitaciones de las técnicas de inspección, errores de diseño y mecanismos de deterioros desconocidos.

No todos los programas de inspección son igualmente efectivos para detectar el deterioro y los riesgos durante el servicio y no existe un método efectivo disponible para determinar la combinación óptima de métodos y frecuencia de inspección que permita determinar la condición de mínimo riesgo.

## 1.3. Análisis de escenarios.

Un escenario representa un grupo de eventos que pueden conducir a un resultado indeseable. En la figura 2 se presenta la secuencia de eventos en un análisis de riesgo típico: a) Fugas del contenedor, b) Detección, c) Aislamiento y d) Mitigación.



Fig. 2. Eventos del escenario de fuga de un contenedor

Del análisis de los eventos de la figura 2: (a) si no se inspecciona adecuadamente el recipiente se produce la fuga originando pérdida de la función contenedora, b) La fuga de hidrocarburos produce

- el esparcimiento de vapor de combustible, si falla la detección las consecuencias serán graves,
- c) El aislamiento permite al operador parar la fuga y minimizar la consecuencia de la fuga,
- d) Los efectos de descarga pueden reducirse si se implementan medidas convenientes de mitigación.

## 2. Etapas de la metodología de inspección basada en riesgo

- A continuación, se hace una breve descripción de cada una de las etapas que forman el procedimiento de elaboración de programas de inspección basado en el análisis de riesgo (figura 3). Previo a las siguientes etapas se debe haber seleccionado la instalación a evaluar, definir el sistema y sus subsistemas, definir los grupos de inventarios y las características generales de la planta.

### 2.1. Recopilación de la información

- La información para el análisis se obtiene de las condiciones del proceso, registros de inspección y mantenimiento y evaluación del sistema de Gerencia de Seguridad de los Procesos (GSP). Una lista de la información requerida para la aplicación de la metodología de Inspección Basada en Riesgo (IBR) se muestra de manera amplia y explicada en detalle en el Capítulo 10 Sección 10.2 del documento publicado API PD 581[2]. También, en la Sección 10.3 del mismo capítulo se muestra una lista de las fuentes sugeridas para obtener la información. Al final del mismo Capítulo 10 se muestra a modo de ejemplo el formato propuesto para la recopilación de información de cada equipo.

### 2.2. Análisis del riesgo

- El análisis del riesgo es un proceso que se basa en la determinación de la probabilidad de falla, las consecuencias de fallas y la evaluación del riesgo. La norma API 581 establece que se

pueden hacer análisis cuantitativo, cualitativo y semi-cuantitativo. En el presente trabajo se hace énfasis en el análisis cuantitativo. El procedimiento del análisis de riesgo consta de tres etapas: Determinación de la probabilidad de falla, determinación de las consecuencias y evaluación del riesgo.

#### **Determinación de la probabilidad de falla**

Para el cálculo de la probabilidad de falla para cada equipo se utilizarán los datos de falla reales disponibles en los sistemas de información de la instalación. En caso de que dicha información no esté disponible, se debe utilizar los datos publicados en bases de datos internacionales tales como el documento OREDA[3] o la guía del AIChE/CCPS[4] y otras. Los valores de las tasas de falla emitidas por en estos documentos deben ser ajustados por un factor de modificación de equipo para tomar en consideración las condiciones de proceso y los aspectos de diseño mecánico particulares de cada equipo, y su influencia en la integridad mecánica del mismo. Este factor de modificación de equipo se encuentra explicado ampliamente y en detalle en el Capítulo 8, Secciones 8.3 y 8.4 del documento publicado API PD 581[2].

#### **Determinación de las consecuencias**

El cálculo de las consecuencias también es específico para cada tipo de equipo. En el Capítulo 7 del documento publicado API PD 581[2] se muestran los métodos por los cuales se puede estimar las consecuencias. Las estimaciones están basadas en tamaños de agujero predeterminados, las condiciones reales de operación, el inventario de fluido disponible en el equipo y la cantidad de fluido de proceso liberado en el caso de una fuga. Para materiales inflamables, las consecuencias dependen de su ignición, y si esta ocurre, del tipo de ignición.

- Esto es una función de las propiedades físicas del material liberado, la densidad de la fuente de ignición, y una variedad de condiciones específicas del lugar. Todos estos factores son considerados en la determinación del valor final de las consecuencias.

#### **Evaluación del riesgo**

- El cálculo del riesgo para un equipo es el producto de la probabilidad de falla estimada por su consecuencia. Al concluir la evaluación de los equipos, se realiza una jerarquización de los equipos por su riesgo, probabilidad de falla o consecuencias. Esta jerarquización del riesgo provee los fundamentos para el desarrollo de un plan de inspección.

### **2.3. Elaboración del programa de inspección**

- El programa de inspección comprende las actividades y sus frecuencias. Ambos se determinan según el resultado del nivel de riesgo. Detalles de su elaboración se presentan en la sección 4.

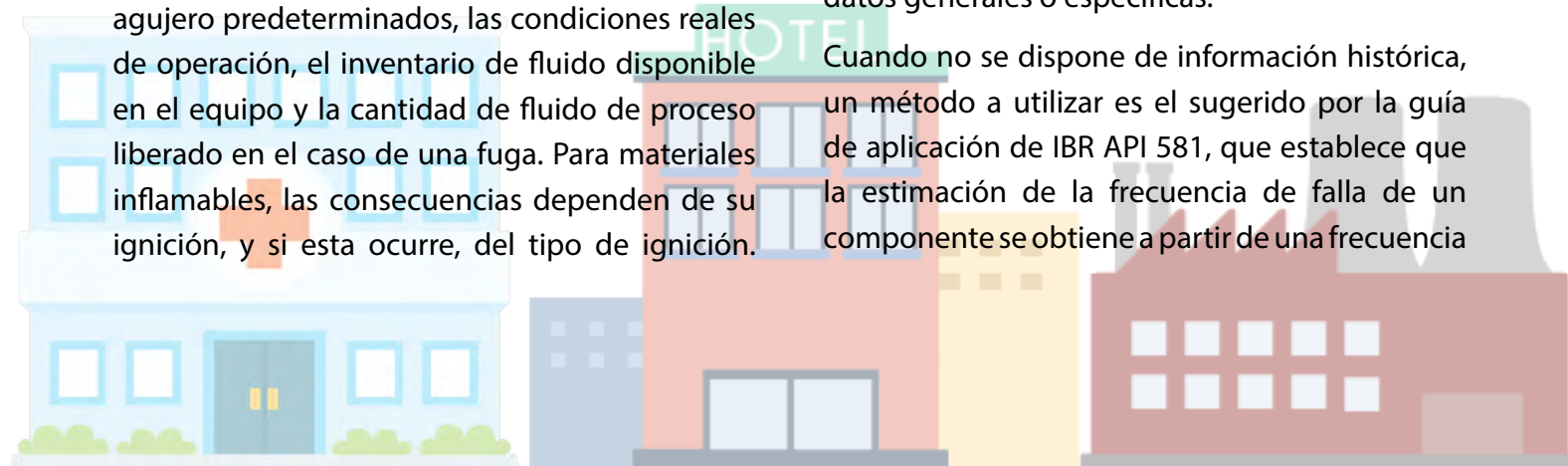
### **3. Metodología de análisis del riesgo**

- La norma API 581 establece que se pueden hacer análisis de riesgo cuantitativo, cualitativo y semi-cuantitativo. En el presente trabajo se presenta el procedimiento para el análisis cuantitativo.

#### **3.1 Estimación de las probabilidades de falla**

- La frecuencia de falla se obtiene a partir de la información histórica del equipo o de bases de datos generales o específicas.

Cuando no se dispone de información histórica, un método a utilizar es el sugerido por la guía de aplicación de IBR API 581, que establece que la estimación de la frecuencia de falla de un componente se obtiene a partir de una frecuencia





**E07  
POSTGRADO**

**Inicio:  
17 Julio 2017**

# ESPECIALISTA

**Mantenimiento de Activos, Infraestructuras y Servicios, alineado a la ISO 55001 & UNE-178303**

**DOBLE TITULACIÓN | CERTIFICACIONES INTERNACIONALES | FORMACIÓN B-LEARNING  
(clases online + jornadas presenciales) | DURACIÓN: 6 MESES | NETWORKING**



**PERMITE CONTINUAR CON EL ESTUDIO EN MBA FACILITY MANAGEMENT**



**Inicio: 25 Septiembre 2017**

# MBA

## Facility Management

**Máster (Magister) en Gestión de Activos  
inmobiliarios, infraestructura y servicios,  
alineado ISO 55001**



**PMM  
BUSINESS  
SCHOOL®**  
project & maintenance  
management  
[www.pmm-bs.com](http://www.pmm-bs.com)

**DOBLE TITULACIÓN | CERTIFICACIONES INTERNACIONALES | FORMACIÓN B-LEARNING  
(clases online + semana presencial) | PROFESORADO EXPERTO | NETWORKING |  
DURACIÓN: 1 AÑO | TITULADOS CON O SIN EXPERIENCIA**

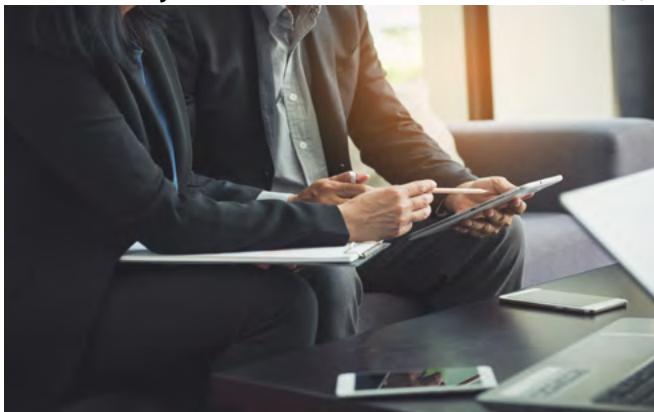
*más información: [informacion@pmm-bs.com](mailto:informacion@pmm-bs.com)*





de falla genérica de los equipos. La Norma API 581 contiene valores y la “Offshore Reliability Data” [4], tiene valores de refinерías y plantas petroquímicas. La frecuencia ajustada se obtiene multiplicando la frecuencia de falla genérica (Eventos/por año) por dos factores de ajuste. Un factor de modificación de equipo (FE) y un factor de evaluación de gerencia del sistema (FM), tal como lo expresa la ecuación 1 y se muestra en la figura 2.

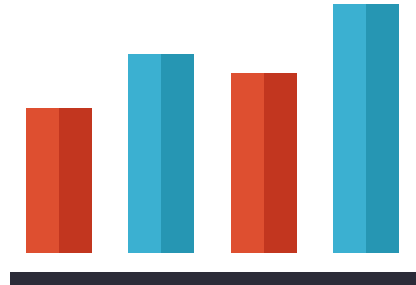
$$\text{Frecuencia Ajustada} = \text{Frecuencia Genérica} \times \text{FE} \times \text{FM}(1)$$



Los valores de frecuencia genéricas sugeridas para algunos equipos se muestran en la sección 8.2 de API 581. El factor de modificación (FE) del equipo se obtiene considerando varios subfactores de modificación, entre lo que se encuentran: subfactor universal, modulo técnico, mecánico y de proceso.

El análisis cuantitativo puede hacerse usando la hoja de trabajo incluida en el anexo C (workbook for quantitative risk-based inspection análisis) de la norma API 581. El Factor de evaluación de Gerencia del Sistema (FM) utilizado para determinar la frecuencia de falla, se obtiene aplicando la hoja de trabajo incluida en el anexo D (workbook for management systems evaluation). La información se obtiene de entrevistas realizadas a personal de inspección, mantenimiento, procesos y seguridad. Del análisis de la información se produce un “Store”, el cual puede convertirse a factor FE.

## Metodología de análisis del riesgo



### 3.2 Estimación de las consecuencias

Para la metodología de Inspección Basada en Riesgo (IBR), las consecuencias están referidas a los efectos adversos en seres humanos, equipos y medio ambiente como resultado de un evento de fuga de un material peligroso. En la sección 7 de de la Norma API PD 581 [2] se muestran los métodos para el cálculo de las consecuencias, y en la figura 3 se presenta la secuencia de pasos a seguir para la estimación de las consecuencias y los numerales donde se consigue la información correspondiente en la norma.

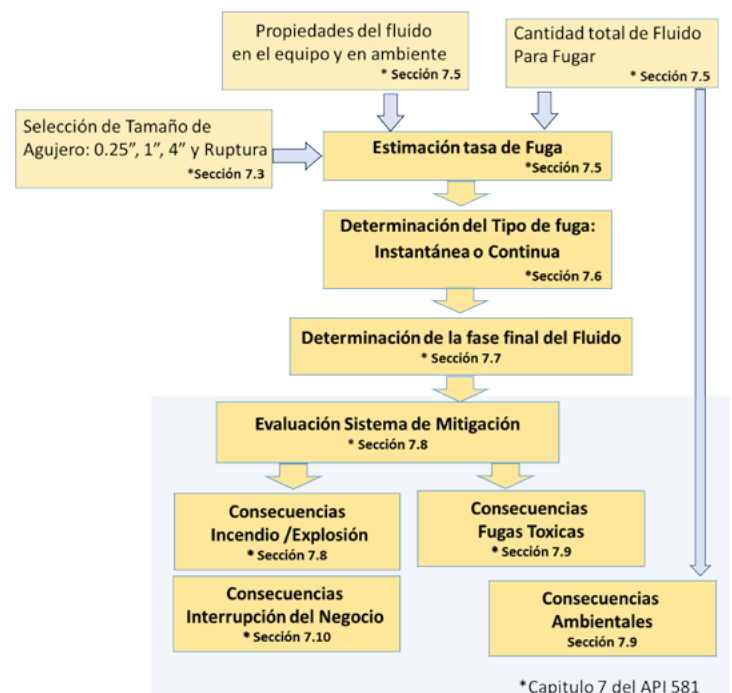


Fig. 3 Secuencia del procedimiento para determinar las consecuencias.

### 3.3 Cálculo del riesgo de un escenario y elaboración de la matriz de riesgo.

El riesgo es el producto de la consecuencia por la probabilidad de falla, que para un escenario se puede escribir por la ecuación 2.

$$R_s = C_s \times F_s \quad (2)$$

Donde, CS es la consecuencia (área in Ft2 o Bs) por escenario y FS es la frecuencia de falla (por año) por escenario

Para cada equipo, el riesgo es la suma de los riesgos de todos los eventos del escenario. Las unidades de riesgo dependen de la consecuencia de interés. Pies2 por año para consecuencias de inflamables o tóxicas y dólares por año para interrupciones ambientales y de negocio.

$$R_E = \sum_s R_s \quad (3)$$

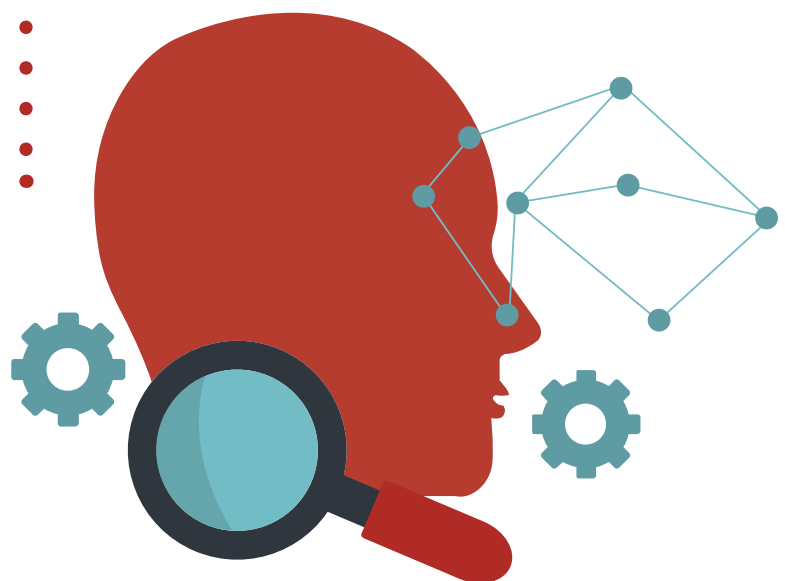
Donde; RS es el riesgo para un escenario (Ft2 o Bs. por año) y RE es el riesgo del equipo (Ft2 o Bs. por año)

Después de estimadas las probabilidades y las consecuencias de la falla de cada uno de los componentes de la planta o instalación, a la cual se le aplica el programa de Inspección Basada en Riesgo (IBR), se calcula el riesgo y se construye la matriz de riesgo. En la Figura 4 se presenta una matriz de riesgo típica de un estudio de IBR.

MATRIZ DE RIESGO		CONSECUENCIA				
		A	B	C	D	E
PROBABILIDAD	5	Medio	Alto	Alto	Muy alto	Muy alto
	4	Medio	Medio	Alto	Alto	Muy alto
	3	Bajo	Medio	Medio	Alto	Muy alto
	2	Bajo	Bajo	Medio	Alto	Alto
	1	Muy bajo	Bajo	Medio	Medio	Alto

Fig. 6. Ejemplo de matriz de modeladora del riesgo.

- En la matriz de riesgo se indican la probabilidad de falla en el eje vertical, con una escala del 1 al 5. En la metodología propuesta en el documento publicado API PD 581 [2], esta escala indica que los equipos que estén en las categorías 1, 2, 3 y 4, tendrán una probabilidad de falla igual o menor a 2, 20, 100 y 1000 veces la probabilidad de falla genérica de la base de datos utilizada, respectivamente, mientras que los que estén en la 5 tendrán una probabilidad de falla mayor a 1000 veces la probabilidad de falla genérica.
- La consecuencia de la falla se expresa en el eje horizontal, con una escala desde la A hasta la E. Cada valor de consecuencia equivale a un área de afectación específica. La Categoría A corresponde a un área afectada menor o igual que 100 pie2, en caso de falla imprevista del equipo; la Categoría B corresponde a un área afectada entre 100 y 1000 pie2; la Categoría C equivale a un área afectada entre 1000 y 3000 pie2; la Categoría D a un área afectada entre 3000 y 10000 pie2, mientras que la E corresponde a un área mayor a 10000 pie2.



## 4. Elaboración de un plan de inspección

El propósito de un programa de inspección es definir y desarrollar las actividades necesarias para detectar durante el servicio el deterioro del equipo antes de que ocurra la falla. Un programa se puede desarrollar identificando los siguientes aspectos:

- a) ¿Qué tipos de daños hay que buscar?
- b) ¿Dónde se va a buscar?
- c) ¿Cómo buscar el daño (Técnica de inspección)?
- d) ¿Cuándo hacer la búsqueda (Frecuencia de inspección)?

### 4.1 ¿Que tipos de daños hay que buscar?

Los tipos de daños a buscar son los que producen riesgo crítico, se obtienen del análisis previo. El análisis de riesgo debe incluir la identificación de los mecanismos de aparición y crecimiento del daño. Por ejemplo, un tipo de daño es: Cambio de dimensión de la pared del tanque y un mecanismo de corrosión es Corrosión Galvánica.

### 4.2 ¿Donde se va a buscar el daño?

Consiste en identificar los lugares donde se presenta o puede presentar el daño y será los lugares a inspeccionar.

### 4.3 ¿Como buscar el daño (Técnico de inspección)?

La técnica a utilizar se selecciona por su habilidad para encontrar el tipo de daño, sin embargo, debe tenerse en cuenta que

algunos mecanismos que causan el daño pueden afectar la selección de la técnica de inspección. Los criterios de selección incluyen: Costo de la tecnología, costo del uso y mantenimiento, mecanismo de aparición del daño, caracterización del riesgo del daño a inspeccionar, precisión de resultados, etc.

### 4.4 ¿Cuando hacer la búsqueda (Frecuencia de inspección)?

La selección de la frecuencia depende del riesgo y las características de aparición y crecimiento del daño. Esto es, si la característica de aparición de la falla es gradual o súbita. La frecuencia de inspección debe ser el resultado del análisis del riesgo.

## 5. Referencias

- [1] American Petroleum Institute (API), "Risk Based Inspection", API Recommended Practice 580, Draft # 6, First Edition, August 2001.
- [2] American Petroleum Institute (API), "Base Resource Document on Risk Based Inspection", API Publication 581, 2001.
- [3] Offshore Reliability Data. OREDA Participants, OREDA-92, distributed by DNV Technica, prepared for E&P Forum, 1992
- [4] American Institute of Chemical Engineers / Center For Chemical Process Safety, "Guidelines for Chemical Process Quantitative Risk Analysis", 2000.
- [5] Nitz. Luis Mario, "Sistema de inspección basada en riesgo", Programa de Ingeniería y Gestión del Mantenimiento. Nota Técnica. Facultad de Ingeniería. Universidad Austral. Argentina.





# GLOBAL

CONFERENCE FESTIVAL

11-15 · 09 · 2017

## COMPETITIVE STRATEGIES IN **OPERATIONAL EXCELLENCE**

Asset & Facility Management  
Reliability Management &  
Operational Excellence

EE.UU.  
FLORIDA - WESTON

**¡PARTICIPA!**

ENVÍANOS TUS PAPERS Y FORMA PARTE DE  
UNA DE LAS **20 CONFERENCIAS**



[WWW.GLOBALASSETMANAGEMENT-AMP.COM](http://WWW.GLOBALASSETMANAGEMENT-AMP.COM)

[info@globalassetmanagement-amp.com](mailto:info@globalassetmanagement-amp.com)

Our  
sponsors:

PMM Project Today

**CIE X**  
PMM CIE X Research Center

RELIABILITY  
WEB.COM  
A Culture of Reliability

PMM  
BUSINESS  
SCHOOL

**journal**  
REVISTA DE ACTIVOS FÍSICOS

PMM Project  
magazine

**AMP**  
Association of Asset Management Professionals

**uptime**  
magazine





# GLOBAL

CONFERENCE FESTIVAL

## - PRECONFERENCE COURSES - 11/12. SEPTEMBER.2017

### Asset Management & Reliability

16 horas

.....  
Individual (1-3 people): **649 USD**  
Group (4-5 people): **599 USD**

### Operational Excellence

16 horas

.....  
Individual (1-3 people): **649 USD**  
Group (4-5 people): **599 USD**

## - CONFERENCE - 13/14. SEPTEMBER.2017

### \*12 Internacional Conferences

**¿Quieres presentar tu experiencia y hacer networking? Envíanos tu paper**

### 11 Star Keynote Learning Sessions



Dr. Luis Amendola, Ph.D



Terrence O'hannon



Dra. Tibaïre Depool, Ph.D



Filip Buyse



Enrique Mora



Entra en nuestra página para saber más ...



.....  
Individual (1-3 people): **749 USD**  
Group (4-5 people): **699 USD**

## 15. SEPTEMBER.2017

## - SPECIAL PACKAGE -

### Certified Reliability Leader Workshop & Exam

.....  
Workshop: **199 USD**  
Passport Series: **149,99 USD**  
**TOTAL: 348,99 USD**  
.....  
Exam CRL: **299 USD**

### CONFERENCE + COURSES

Individual (1-3 people): **1.299 USD**  
Group (4-5 people): **1.199 USD**

### CONFERENCE + COURSES + CRL

Individual (1-3 people): **1.946,99 USD**  
Group (4-5 people): **1.846,99 USD**

**REGISTER EARLY! SAVE BIG AND RESERVE YOUR SEAT FOR **SHORT COURSES AND WORKSHOPS****

**INFO@GLOBALASSETMANAGEMENT-AMP.COM**



## Artículo de opinión

# LA APLICACIÓN DEL ANÁLISIS DE RIESGOS A LA SEGURIDAD DE INFRAESTRUCTURAS HIDRÁULICAS. EL CASO DE LAS PRESAS

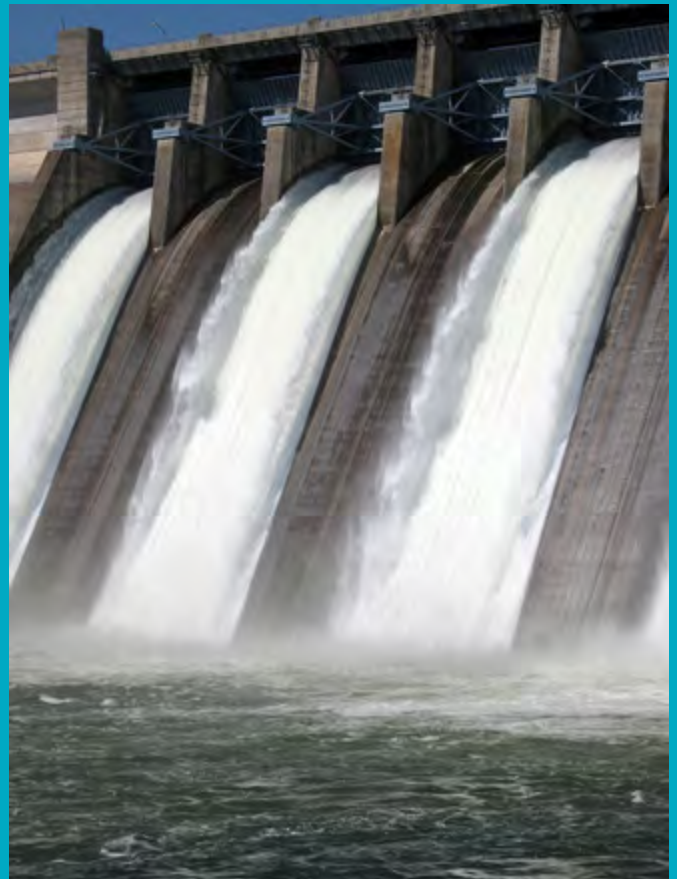


**Dr. Luis Altarejos. Ingeniero de Caminos. Universidad Politécnica de Cartagena. Vocal colaborador SPANCOLD | e-mail: luis.altarejos@upct.es**

### RESUMEN:

La seguridad de presas se ha venido abordando mediante el cumplimiento de una serie de criterios establecidos por la normativa y las mejores prácticas, considerando los diferentes elementos que integran la presa y el embalse. Así, se habla de seguridad geológico-geotécnica, seguridad hidrológica, seguridad estructural, seguridad relativa a los elementos mecánicos, suministro de energía eléctrica y accesos, por citar las comprobaciones más habituales. A finales del siglo XX se introdujeron metodologías basadas en riesgo, que abordan la seguridad de presas considerando las consecuencias asociadas a los fallos y la declaración explícita de la verosimilitud de dichos fallos, expresada mediante el lenguaje de la probabilidad. Es innegable que las ventajas que presenta un enfoque basado en riesgo vienen acompañadas de ciertas dificultades de aplicación práctica y de cambio de paradigma que han limitado su uso generalizado. No obstante, algunos propietarios y operadores de presas no sólo no han renunciado a su aplicación, sino que están avanzando hacia una segunda generación de metodologías basadas en riesgo, con un enfoque más sistémico, que

incorporan interrelaciones entre elementos que se venían analizando por separado. En la presente comunicación se desarrollan estas ideas y se presenta el estado actual y tendencias mundiales en la materia.





## 1. INTRODUCCIÓN

La toma de decisiones en seguridad de infraestructuras basada en el cumplimiento de estándares, cuyo epítome es la verificación de coeficientes de seguridad, ha sido y es empleada habitualmente. En países donde existe un órgano regulador de la actividad y normativa de obligado cumplimiento, el objetivo en las fases de diseño, construcción y explotación es asegurar que la infraestructura cumple la normativa.

La toma de decisiones en seguridad de infraestructuras informada en riesgo, como complemento y no en sustitución del cumplimiento de estándares, tiene una historia mucho más reciente. Entre los beneficios aportados por la metodología, ampliamente aceptados por la comunidad internacional, se encuentran los siguientes: posibilidad de identificar modos de fallo no contemplados en la normativa, mejor comprensión de los modos de fallo, mayor conocimiento de la incertidumbre subyacente en los análisis tradicionales, posibilidad de seleccionar las medidas de reducción de riesgo más eficientes, ayuda a la identificación de los elementos críticos en la seguridad, refuerzo de los programas de auscultación y vigilancia de seguridad, refuerzo de la importancia de los Planes de Emergencia y la posibilidad de gestionar mejor las inversiones en seguridad. El reconocimiento de estos beneficios se ha traducido en la aplicación progresiva de metodologías basadas en riesgo, con distintos matices e intensidad, en algunos de los países tecnológicamente más avanzados. Por supuesto, el análisis de riesgos ha sido objeto de revisiones y análisis críticos, que han puesto de relieve cuestiones como la solidez de sus fundamentos teóricos y la dificultad de su aplicación práctica, especialmente cuando se trata de análisis



cuantitativos.

No obstante, al tratarse de metodologías y aproximaciones en constante revisión y evolución, van tomando forma ideas, enfoques y aplicaciones complementarias que mejoran y otorgan más solidez al análisis de riesgos en su aplicación práctica. Cuestiones como el significado de las probabilidades de fallo, la asimilación de conceptos de la ingeniería de sistemas y el uso del análisis de riesgos como soporte de la gestión de activos son abordadas en la presente comunicación.

Las metodologías de gestión de riesgo aplicadas a presas son objeto de atención por parte de los actores involucrados en la seguridad de las mismas en todo el mundo. Mediante el proceso de formulación, aplicación, escrutinio, crítica y mejora, las técnicas van evolucionando, perfeccionándose y adaptándose a las necesidades de los distintos agentes. La aplicación del análisis de riesgos allí donde ha tenido lugar no ha estado exenta de la necesaria crítica y en algunos casos ha sido objeto de controversia. Algunas objeciones tienen su origen en una falta de entendimiento del método,

al confundir la gestión de riesgos, que es una herramienta de ayuda a la gestión, con el análisis de riesgos, que es una herramienta soporte de la anterior. Otra confusión típica es aproximarse al análisis de riesgos como si se tratara de un criterio más de comprobación de seguridad, que hubiera que verificar. Se pueden resaltar algunos puntos clave que regularmente han sido objeto de debate allí donde el método ha sido aplicado, entre ellos: los fundamentos teóricos del método, el significado de las probabilidades de fallo y la incertidumbre; el problema de la estimación de las probabilidades de fallo; y el establecimiento y uso de criterios de tolerabilidad de riesgo.

El problema del significado de las probabilidades de fallo en el contexto del análisis de riesgos ha generado y sigue generando numerosos debates en la comunidad ingenieril, a la vista del gran número de artículos publicados en revistas indexadas y de comunicaciones enviadas en los últimos años a congresos internacionales sobre el tema.

El problema de los criterios de tolerabilidad de riesgo también ha generado gran controversia, siendo además un tema que excede el ámbito de lo ingenieril al entrar en la esfera social y política.

En opinión del autor, la mayor dificultad que ha encontrado el empleo del análisis de riesgos no parece radicar en sus debilidades como modelo, sino en la comprensión e interiorización de su utilidad y en el alineamiento de dicha utilidad con las necesidades de los agentes interesados. Allí donde se ha producido este alineamiento, el método ha sido empleado, criticado, mejorado y utilizado como un elemento más de apoyo a la toma de decisiones en seguridad de presas.

# Aprender haciendo

## 2. TENDENCIAS EN ANÁLISIS DE RIESGOS

### 2.1. EL SIGNIFICADO DE LAS PROBABILIDADES DE FALLO Y LA INCERTIDUMBRE

La disciplina de la gestión de riesgos es joven y se enfrenta a múltiples retos y dificultades. Una de ellas es el significado de las probabilidades de fallo, su relación con la incertidumbre, y cómo ponderar en el análisis la cantidad y calidad de la información disponible y la robustez del proceso. Para sistemas únicos, no repetibles, como son las



presas, el concepto de fallo, en general, no tiene un significado de frecuencia relativa, aunque se exprese mediante el lenguaje matemático de la probabilidad y se opere con él mediante herramientas estadísticas. Es cierto que para algunos modos de fallo, como los relacionados con los sistemas mecánicos y eléctricos de las compuertas, y para algunos fenómenos como las avenidas, la probabilidad de fallo estimada tiene un significado genuinamente frecuentista, pero para otros modos de fallo que se analizan típicamente en un proceso de análisis de riesgo, no es éste el significado de la probabilidad, por ejemplo para modos de fallo de índole geotécnica vinculados al cimiento. Lo que la probabilidad está expresando en este caso es básicamente la incertidumbre acerca de que un evento futuro tenga lugar o no (¿deslizará o no la presa? ¿se desarrollará o no un fenómeno de erosión interna?). Una de las formas de expresar esta incertidumbre es mediante el lenguaje de la probabilidad, si bien no es la única. En este caso, la probabilidad representa un "degree of belief", es decir, un "grado de creencia" acerca de una afirmación, en una aproximación bayesiana a la probabilidad [7].

Si bien no formalmente, este modo de proceder es constantemente utilizado en la práctica ingenieril cuando no se dispone de datos precisos. Por poner un ejemplo ilustrativo, tómese el caso del deslizamiento de presas de hormigón. Es habitual encontrar en las revisiones de seguridad de presas anejos de cálculo en los que se obtiene con exactitud los valores del ángulo de rozamiento y de la cohesión que son necesarios para que se verifique estrictamente un determinado coeficiente de seguridad al deslizamiento establecido por la normativa o las recomendaciones.

A continuación se suele afirmar que, en opinión del técnico, los valores verdaderos para la presa en cuestión, que son desconocidos, serán, en todo caso, superiores a los mínimos necesarios calculados. Esta afirmación se suele hacer en base a la información disponible, a las analogías con casos similares y a la experiencia del técnico experto que realiza el análisis. Ésta es una forma de expresar la incertidumbre mediante el uso de la probabilidad, en la cual se desconoce el valor verdadero de los parámetros, pero se indica que con una probabilidad de 1 los valores verdaderos serán superiores a los valores calculados. Se ha emitido un juicio de experto en el que no hay lugar para que ocurra el fallo.

En cambio, en otra situación, el técnico experto que analiza la seguridad podría tener dudas razonables sobre si realmente los valores verdaderos, desconocidos, seguirán siendo en



el futuro superiores a los valores calculados, dada alguna posible combinación de sucesos (por ejemplo, por un proceso de degradación progresiva de un contacto presa-cimiento deficientemente ejecutado, del cual haya evidencias). En este caso el técnico puede, como lo hizo antes, emitir un juicio de experto sobre la incertidumbre en base a toda la información disponible, analogías con casos similares y su propia experiencia como técnico, e indicar que, en su opinión, es posible que los valores verdaderos, desconocidos, puedan llegar a ser inferiores a los calculados. Al igual que antes se hizo un juicio de experto asignando una probabilidad de 1 al suceso 'los valores verdaderos son superiores a los calculados', puede hacerse ahora un juicio de experto análogo asignando una probabilidad,  $p$ , menor que 1, al suceso 'los valores verdaderos son superiores a los calculados'.

¿Son estas probabilidades correctas o incorrectas? La pregunta es pertinente pero carece de sentido, puesto que al no haber, en ninguno de los dos casos, una verdadera probabilidad subyacente, las probabilidades no pueden ser correctas ni incorrectas. La probabilidad no está expresando el resultado de un fenómeno aleatorio, como en la visión frecuentista, sino que la probabilidad está siendo utilizada por el técnico para expresar su grado de certidumbre sobre la verosimilitud de un determinado suceso. El hecho de que las probabilidades no sean, per se, correctas o incorrectas, no significa que no deba plantearse la cuestión de si son o no válidas para su uso en el análisis. Su validez radica en la cantidad y calidad de información disponible utilizada en su justificación y en la robustez del proceso seguido, no en el valor obtenido en sí mismo.

Si, en cualquiera de los dos casos mencionados, la información disponible hubiera sido escasa, no específica y particular para la presa en cuestión y no contrastada, la justificación para el valor adoptado, ya sea 1 en el primer caso, o inferior a 1 en el segundo, sería débil. Esta debilidad puede lastrar la calidad del trabajo, ya sea una revisión de seguridad o un análisis de riesgos, pero, en general, no invalida la utilidad que pueda tener el trabajo en su conjunto para la toma de decisiones, siempre que se sea consciente de



que dicha debilidad existe y se comuniquen. Es muy útil, en todo caso, realizar un análisis de sensibilidad para evaluar la repercusión de una variación en la probabilidad estimada sobre los resultados globales del modelo de riesgo.

Se ha utilizado este sencillo ejemplo para, por un lado, ilustrar el significado de las probabilidades de fallo, y, por el otro, para poner de relieve una de las tendencias actuales en el análisis de riesgo, que es tratar de vincular los resultados del análisis con la cantidad y calidad de la información utilizada para deducirlos, mediante alguna métrica cualitativa, de forma que sea posible dar más robustez al trabajo y más respaldo a las decisiones que se tomen informadas por los resultados del análisis.



## 2.2. LA INGENIERÍA DE SISTEMAS

En el análisis de riesgos aplicado a presas, los modos de fallo son tratados desde una perspectiva principalmente mecanicista, mediante cadenas de sucesos lineales causa-efecto, cuya formalización se realiza normalmente mediante árboles de eventos y árboles de fallo. En sistemas complejos, donde además de un sub-sistema físico, como puede ser la presa y los órganos de desagüe, entran en juego otros subsistemas como la auscultación, la transmisión de la información y las telecomunicaciones, los criterios de operación, la interfaz hombre-máquina, el factor humano y los protocolos de toma de decisiones, el planteamiento de los fallos como una cadena lineal y causal de eventos no es capaz de dar una respuesta totalmente satisfactoria para reproducir la realidad observada en diversos accidentes ocurridos en presas. Casos paradigmáticos son el fallo de la presa de Taum Sauk, en Estados Unidos, o el accidente de la central hidroeléctrica de Sayano-Shushenskaya, en Siberia [8].



Figura 1: Daños en la central de Sayano-Shushenskaya

En ambos casos se produjo una serie de

- complejas interrelaciones no lineales que involucraron aspectos de diseño, construcción, operación, organización del operador y decisiones normativas y de regulación, cuya combinación condujo al fallo. La conclusión es que algunos fallos en presas no son atribuibles a una única causa o cadena de eventos fácilmente identificable. Ello ha dado lugar a que, para el análisis de aquellas presas en las que los aspectos de operación y de alta tecnología juegan un papel primordial en la seguridad, se busquen técnicas desarrolladas en otros campos para adaptarlas e importarlas. Una de estas técnicas es la ingeniería de sistemas, que está en el núcleo lo que se ha dado en llamar la Segunda Generación de Análisis de Riesgos.

- El análisis de sistemas utiliza una aproximación 'top-down', incorporando las interrelaciones entre los aspectos técnicos, organizacionales y sociales. Una idea central es el antagonismo entre seguridad y fiabilidad en los sistemas complejos. La incorporación de sistemas SCADA y la introducción de redundancias en los sistemas de operación mejora la fiabilidad en la prestación de los servicios pero al mismo tiempo introduce una complejidad adicional que posibilita la aparición de interacciones no previstas entre elementos que pueden llegar a provocar problemas de seguridad. Entre estas técnicas de ingeniería de sistemas se encuentra, por ejemplo, la metodología STAMP (System Theoretic Accident Modeling and Processes) [9].

En todo caso, la tendencia es incorporar, dentro de los modelos lineales de sucesos como los árboles de eventos, aspectos relacionados con los factores humanos, operacionales y organizativos [10].

## 2.3. LA GESTIÓN DE ACTIVOS

De acuerdo con el Institute for Asset Management la gestión de activos supone el balance entre costes, oportunidades y riesgos en el desempeño deseado de los activos, para alcanzar los objetivos de la organización, planteado sobre diferentes horizontes temporales. La gestión de activos es el arte y la ciencia de tomar las decisiones correctas y optimizar la generación de valor.



La gestión de activos surge en el campo de sistemas mecanizados con vidas útiles relativamente cortas comparadas con las presas. Por ello, su aplicación a presas presentan ciertos matices, no de concepto pero si de enfoque y herramientas. La gestión de activos y la gestión de riesgos están conectadas en que ambas ponen el foco en el futuro, es decir, en el desempeño futuro de los activos. La gestión de activos se utiliza para planificar la funcionalidad de los activos, teniendo en cuenta los objetivos de la organización. Para ello es preciso comprender las necesidades de todas las partes interesadas, comprender los riesgos asociados a la satisfacción de dichas necesidades y desarrollar medidas de mitigación de dichos riesgos para proveer los servicios demandados de forma segura y fiable. La gestión de riesgos proporciona las metodologías, procesos y herramientas que constituyen el soporte para la toma de decisiones que permita el desempeño sostenible de los activos, en términos de funcionalidad, seguridad y coste.

## 3. CONCLUSIONES

- A pesar de la problemática que plantea la gestión y análisis de riesgos en presas, diversos organismos alrededor del mundo han encontrado que las ventajas derivadas de su aplicación compensan las dificultades asociadas, como lo demuestra el hecho de que su empleo, si bien no es generalizado, sí que se va propagando en diversos países tecnológicamente avanzados.
- No obstante, el análisis de riesgos es una técnica en constante revisión, escrutinio, crítica y proceso de mejora. Por ello, se trabaja en el perfeccionamiento de su base teórica y en algunos de los aspectos más problemáticos de su aplicación, como la estimación de probabilidades en el análisis de riesgo cuantitativo. Además, la complejidad creciente de los sistemas de presas y su operación ha planteado la necesidad de incorporar a los análisis aspectos no sólo técnicos sino también organizacionales y sociales.
- Otro campo que parece prometedor para el análisis de riesgos es la gestión de activos, a la que formalmente sirve de base. No obstante, la inclusión de las presas en la gestión de activos está sujeta a análisis y estudio.
- En última instancia, el análisis de riesgos es una herramienta más que se pone al servicio de un determinado modelo de gestión. Por tanto, es la impresión del autor que su grado de penetración está determinado en última instancia más por la dinámica rectora en la adopción de nuevos modelos de toma de decisiones en las organizaciones que gestionan la seguridad de presas que por las propias virtudes y defectos que pueda tener el modelo en sí mismo.

## 4. REFERENCIAS

[1] Federal Emergency Management Agency. FEMA (2012). Strategic Plan for the National Dam Safety Program Fiscal Years 2012 through 2016. Estados Unidos de América

[2] Barker, M. (2011) Australian risk approach for assessment of dams. Proc 31st Annual USSD Conference, Abril 11-14, San Diego (CA).

[3] Deroo, L.; Savatier, J. (2010) Retour d'expérience de premières études de dangers. Colloque CFBR-AFEID: Sécurité des barrages et nouvelle réglementation française. Partage des méthodes et expériences. Noviembre, 9. Lyon. Francia.

[4] Department of Environment, Food and Rural Affairs. DEFRA (2009) Scoping study for a guide to risk assessment of reservoirs.

[5] Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe. (2011) Methode der Risikoanalyse für den Katastrophenschutz. ISBN: 978-3-939347-41-5, Alemania.

- [6] Westberg, M.; Johansson, F. (2013) Probability-based guidelines for design and assessment of concrete dams. Safety, reliability, risk and life-cycle performance of structures and infrastructures. Deodatis, Ellingwood & Frangopol (Eds). ISBN 978-1-138-00086-5. Taylor and Francis. Reino Unido.
- [7] Aven, T. (2009) Evaluation of accidents risks. Status and trends in risk analysis and evaluation. Swedish Rescue Services Agency. ISBN 978-91-7253-425-4. Suecia.
- [8] Regan, P. (2010) Dams as systems: an holistic approach to dam safety. Proc 30th Annual USSD Conference, Abril 12-16, San Diego (CA).
- [9] Leveson, N. (2004) A new accident model for engineering safer systems. Safety Science, 42, 237-270.
- [10] Aven, T. (2014) A new perspective on how to understand, assess and manage risk and the unforeseen. Reliability Engineering and System Safety. 121, 1-10.
- [11] Boholm, A.; Corvellec, H.; Karlsson, M. (2012) The practice of risk governance: lessons from the







► PMM Business School estuvo las semanas del 15 al 19 de mayo y del 22 al 26 de mayo impartiendo cursos de Auditor en Sistemas de Gestión de Activos ISO 55001:2014 para auditores internos y líderes. Durante la semana del 22 al 26 de mayo, PMM Business School impartió las capacitaciones para la empresa Confipetrol S.A.S. Se trata de una compañía multinacional que brinda soluciones en Servicios integrales de Operación y Mantenimiento.



Lee la noticia ►►

► El Dr. Luis Amendola estuvo los días 4 y 11 de mayo en la Conferencia sobre Excelencia Operacional y Gestión de Activos en el Instituto de Ingenieros Mineros de Chile- Santiago de Chile.



Dr. Luis Amendola- Conferencia sobre Excelencia Operacional y Gestión de Activos, Santiago- Chile (2017)

► El Dr. Luis Amendola impartió un workshop de Facility Management y Gestión de Activos en Lima, Perú para presentar el libro de Asset Management Smart Cities, Standards ISO 55001- UNE 178104- ISO 18480-1.



► CIC "Consulting Informático Cantabria" ha confiado en PMM y CIEX – Centro de Investigación y Excelencia Operacional en Weston – Florida, EEUU para formar a sus profesionales como Implementadores de Gestión de Activos (ISO 55002) enfocado a los sectores Energía & Utilities.



Lee la noticia ►►

SI QUIERE REALIZAR ESTE TIPO DE ATIVIDADES EN SU ORGANIZACIÓN, NO DUDE EN CONSULTARNOS:

[www.pmmlearning.com](http://www.pmmlearning.com) | [www.pmm-bs.com](http://www.pmm-bs.com)

escribanos a:

[info@pmmlearning.com](mailto:info@pmmlearning.com) | [informacion@pmm-bs.com](mailto:informacion@pmm-bs.com)

llame al número de teléfono: +34 963 456 661





Los Doctores Luigi Amendola, PhD & Tibaïre Depool, PhD, realizaron la **Consultoría estratégica en Gestión de Activos & Excelencia Operacional** en ISAGEN, Colombia, del 16 al 27 de enero de 2017, para definir brechas y esfuerzos requeridos para migrar del estándar PAS 55 a la Norma ISO 55001 Gestión de Activos.



Lee la noticia »

Durante los días 15, 16 y 17 de Febrero, se impartieron dos cursos sobre "Planificación & Optimización de Paradas de Planta & Overhaul" en Tampico – Estado de Tamaulipas, México.



Lee la noticia »

PMM Business school dictó cursos de Facility Management en Chile, los días 4 y 5 de Mayo de 2017



Formación en la empresa Transportes Metropolitanos de Barcelona.

El Metro de Barcelona elige a PMM para iniciar la implementación de Gestión de Activos alineado a ISO 55001. Siendo un gran paso para seguir asegurando la sostenibilidad de los servicios de movilidad pública.



Del 29 de mayo al 2 de junio de 2017, PMM Business School impartió una nueva convocatoria de las capacitaciones Auditor Líder e Interno en Sistemas de Gestión de Activos ISO 55001:2014 en el Hospital Universitario Los Arcos del Mar Menor (HULAMM) de la Región de Murcia.



**Equipo PMM Business School**



# CURSOS CORTOS JUNIO - AGOSTO 2017



Auditor en Sistemas de Gestión de Activos ISO 55001:2014.  
**12 al 16 Junio, Buenos Aires.**



Función del Mantenimiento & Operaciones dentro de la Gestión de Activos Normas ISO 55001 - EN 16646.  
**20 y 21 Junio, Madrid.**



Postgrado Especialista en Gestión de Activos Físicos alineado a la ISO 55001  
**Inicio: 10 Julio**



Postgrado Especialista en Mantenimiento de Activos, Infraestructura y servicios, alineado a ISO 55001 & UNE-178303  
**Inicio: 17 Julio**



Excelencia Operacional (OEE). Optimización de la Productividad & Costos en las Organizaciones.  
**4 y 5 Julio, Buenos Aires.**



Función del Mantenimiento & Operaciones dentro de la Gestión de Activos Normas ISO 55001 - EN 16646.  
**10 y 11 Julio, Santa Cruz.**



Diseño & Optimización "Strategic Asset Management Plan" ISO 55001- ADVANCED ASSET MANAGEMENT PROGRAM (AMP) Creative Leadership.  
**17 al 21 Julio, Weston - Florida.**

## JUNIO

L	M	X	J	V	S	D
			1	2	3	4
5	6	7	8	9	10	11
12	13	14	15	16	17	18
19	20	21	22	23	24	25
26	27	28	29	30		

## JULIO

L	M	X	J	V	S	D
					1	2
3	4	5	6	7	8	9
10	11	12	13	14	15	16
17	18	19	20	21	22	23
24	25	26	27	28	29	30
31						



Estrategias para la Optimización de Paradas de Planta y Overhaul.  
**22 y 23 Junio, Madrid.**



Función del Mantenimiento & Operaciones dentro de la Gestión de Activos Normas ISO 55001 - EN 16646.  
**27 y 28 Junio, Colombia.**



Planificación de Paradas de Planta y Overhaul.  
**29 y 30 Junio, Colombia.**



Máster en Desarrollo de Programas de Estrategias de Negocio  
**Inicio: 17 Julio**



Postgrado Especialista Profesional Universitario en Gestión del Mantenimiento  
**Inicio: 31 Julio, 100% On-line**



Gestión de Activos ISO 55001 Implementación - ISO 17021.5 "Certificación en Gestión de Activos" IAM Courses.  
**6 y 7 Julio, Buenos Aires.**



Estrategias para la Optimización de Paradas de Planta y Overhaul.  
**12 y 13 Julio, Santa Cruz.**

**\* PUEDE CONSULTAR TODO EL PROGRAMA DE 2017 DE CADA PAÍS EN NUESTRA SECCIÓN DE CALENDARIO DE PMM BUSINESS SCHOOL:**

**[www.pmm-bs.com/calendario](http://www.pmm-bs.com/calendario)**



SI ESTÁS INTERESADO PUEDES HACER CLICK EN CADA PROGRAMA PARA OBTENER TODA LA INFORMACIÓN

Para más información visite nuestra web:  
**[www.pmm-bs.com](http://www.pmm-bs.com)**

o escribanos a:  
**[informacion@pmm-bs.com](mailto:informacion@pmm-bs.com)**





Función del Mantenimiento & Operaciones dentro de la Gestión de Activos Normas ISO 55001 - EN 16646.  
**2 y 3 Agosto, Perú.**



Planificación de Paradas de Planta y Overhaul.  
**4 y 5 Agosto, Perú.**



Roles para la implementación de la Gestión de Activos "ISO 55001" (Effective Asset Management)  
**23 Agosto, Colombia.**



Excelencia Operacional (OEE). Optimización de la Productividad & Costos en las organizaciones.  
**28 y 29 Agosto, Santiago.**

## AGOSTO

L	M	X	J	V	S	D
	1	2	3	4	5	6
7	8	9	10	11	12	13
14	15	16	17	18	19	20
21	22	23	24	25	26	27
28	29	30	31			



Función del Mantenimiento & Operaciones dentro de la Gestión de Activos Normas ISO 55001 - EN 16646.  
**31 de Agosto y 1 de Septiembre, Perú.**



Auditor en Sistemas de Gestión de Activos ISO 55001:2014.  
**31 Julio-4 Agosto, Perú.**



Planificación de Paradas de Planta & Overhaul  
**15 y 16 Agosto, México D.F.**



Planificación y Programación de Mantenimiento e Indicadores de Gestión de Activos.  
**17 y 18 Agosto, México D.F.**



Auditor en Sistemas de Gestión de Activos ISO 55001:2014  
**28 Agosto-1 Septiembre, Santiago.**

PARA TODOS LOS PÚBLICOS

## WEBINARS



### ¿Qué es un Webinar?

Charlas on-line totalmente gratuitas ofrecidas por PMM Business School, donde ponentes expertos comparten sus conocimientos en las áreas de Gestión de Activos, Project Management, Facility Management, Paradas de Planta y Overhaul, Excelencia Operacional, etc.

**¡Suscríbete a nuestro boletín y mantente informado de todo!**

# - PROGRAMACIÓN 2017- MÁSTERS & POSTGRADOS

Para más información sobre los programas de PMM Business School, acceda a nuestra página web:  
[www.pmm-bs.com](http://www.pmm-bs.com)

Si lo prefiere puede escribirnos al siguiente correo: [informacion@pmm-bs.com](mailto:informacion@pmm-bs.com) o llamar al +34 963 456 661

## **MBA Business Asset Management**

Máster en Gestión Integral de Activos

**Duración:** 1 año

**Formación** off-line y on-line, incluyendo una semana presencial en Valencia (España).

de **11**  
**Sept** 

 **17**  
de **Julio**

## **MBA Development of Business Project Strategies**

Máster en Desarrollo de Estrategias de Proyectos de Negocio

**Duración:** 1 año

**Formación** 100% Online

## **MBA Reliability & Risk Management**

Máster en Confiabilidad y Gestión de Riesgos

**Duración:** 1 año

**Formación** b-learning

de **18**  
**Sept** 

 **10**  
de **Julio**

## **Postgrado Especialista en**

Gestión integral de activos físicos alineado a la ISO 55001:

**Duración:** 1 año

**Formación** b-learning

## **Postgrado Especialista en Maintenance Management Professional**

Gestión del Mantenimiento (VI Edición)

**Duración:** 1 año

**Formación** b-learning

de **31**  
**Julio** 



# SÍGUENOS



PMM Institute For Learning



¿Qué puede descubrir en PMM?



PMM Institute For Learning



¿Cómo lo han vivido nuestros alumnos?



PMM Institute For Learning



Competencias necesarias para la implementación de Gestión de Activos ISO 55001



@PMM\_Learning



La Profesión del Project Manager



Metodologías de Confiabilidad Apropriadas para la Gestión del Negocio



[www.pmmlearning.com](http://www.pmmlearning.com)

[info@pmmlearning.com](mailto:info@pmmlearning.com)

**PMM BUSINESS SCHOOL**  
te ofrece la  
posibilidad de  
mejorar tus  
competencias y de  
recibir formación de  
calidad de una forma  
dinámica y diferente.

**¡NO DEJES PASAR  
ESTA OPORTUNIDAD  
ÚNICA!**