



# **La Confiabilidad Desde el Diseño**

## **Proyectos de Mantenimiento**

**L. Amendola, Ph.D**

**PMM Institute for Learning**

Asociación Española de Mantenimiento

Departamento de Proyectos de Ingeniería

Universidad Politécnica de Valencia - ESPAÑA

e-mail : [luigi@pmmlearning.com](mailto:luigi@pmmlearning.com); [luigipmm@yahoo.es](mailto:luigipmm@yahoo.es)

### **INTRODUCCIÓN**

La aplicación de conceptos, metas y procedimientos de confiabilidad (RCM, ACR, OCR, IBR, AMEF, TOC, SIX SIGMA, BSC) ha estado prácticamente limitada a instalaciones existentes en operación y mantenimiento. La aplicación de los conceptos de confiabilidad se ha reflejado en los resultados al mejorar la disponibilidad de las instalaciones, lo cuál a su vez ha redundado en un incremento de valor de las mismas.

Si se busca maximizar el valor del dinero invertido (optimizar los costes) durante el ciclo de vida del proyecto, la aplicación de los conceptos, metas y procedimientos de confiabilidad no debería limitarse a la etapa de ingeniería, éstos deberían ser aplicados a lo largo de todo el ciclo de vida del proyecto asociado a la instalación. Ésto es lo que se conoce como **Confiabilidad desde Diseño (CDD)**. La aplicación de la confiabilidad tendrá un mayor impacto en los resultados, si se aplica desde la etapa más temprana de un proyecto, **“Durante la fase de diseño”**, razón por la cuál, se hace necesaria la generación de un documento que especifique las acciones a seguir en confiabilidad durante la etapa de diseño de proyectos.

La metodología propuesta es una guía para la dirección y gestión de los proyectos en mantenimiento desde la etapa de diseño, se dan las acciones y lineamientos de confiabilidad que deben considerarse durante la fase de diseño de los proyectos, específicamente la fase de Definición y Desarrollo (**Visualización, Conceptualización y Definición**). La metodología puede ser usada por el personal que participa durante las fases de diseño de los proyectos y tiene el propósito de asegurar, normalizar y uniformar de una

manera ordenada la aplicación de los conceptos, procedimientos y metodologías de confiabilidad durante la fase de diseño e integrarlas o “atarlas” con las actividades y documentos que se generan durante el desarrollo de los proyectos de ingeniería. Entendiendo como proyectos de ingeniería a aquellos proyectos para la operación de nuevas instalaciones, ampliaciones y “*revampings*” dentro de todas las áreas operacionales de la empresa.

## **CONSIDERACIONES Y CONCEPTOS DE CONFIABILIDAD DESDE DISEÑO (CDD)**

Recientemente se ha reconocido que uno de los enfoques más importantes para incrementar el valor en una instalación, es mejorando la disponibilidad o la utilización de la misma. El enfoque tradicional comúnmente utilizado para incrementar valor ha sido aumentar el volumen de las ventas, subir la capacidad de manufactura del activo, reducir costes, la apertura a nuevos mercados o la combinación de estos factores. Un incremento en la disponibilidad se puede lograr mejorando los ***Procedimientos de Operación, Técnicas de Mantenimiento, Confiabilidad Humana y con la Confiabilidad Intrínseca de la Instalación.***

A raíz del reconocimiento de este nuevo enfoque, ha surgido el concepto de **Utilización de Activo (UA)**, el cuál toma en consideración las ventas y la disponibilidad. El objetivo primordial de una instalación es maximizar la **(UA)** o maximizar el valor del dinero invertido a lo largo del ciclo de vida del proyecto. Cuando se realiza “**Benchmarking**” con otras compañías, se ha encontrado que **la pérdida de oportunidad de UA** se debe a problemas que están distribuidos equitativamente entre **Operaciones, Mantenimiento y Diseño**. Para mejorar la disponibilidad de una instalación, se hace necesario aplicar conceptos, metas y procedimientos de confiabilidad a lo largo de toda la vida del proyecto. Esto es lo que se conoce como **Confiabilidad Desde Diseño (CDD)**.

La clave para obtener una instalación que sea coste-efectiva y tener un producto/instalación confiable es a través de la aplicación de los conceptos de confiabilidad desde la etapa más temprana del proyecto o en la etapa de diseño (**particularmente en la etapa de Definición y Desarrollo**). Es en esta etapa cuando la aplicación de confiabilidad tiene mayor impacto u oportunidad de afectar los resultados, ya que el proyecto es lo suficientemente flexible para ser modificado o rediseñado sin un impacto elevado en los costes. De lo

contrario, si las mejoras por confiabilidad se aplican una vez que se haya “congelado” el diseño, cualquier cambio o modificación tendrá un impacto sustancial en los costes.

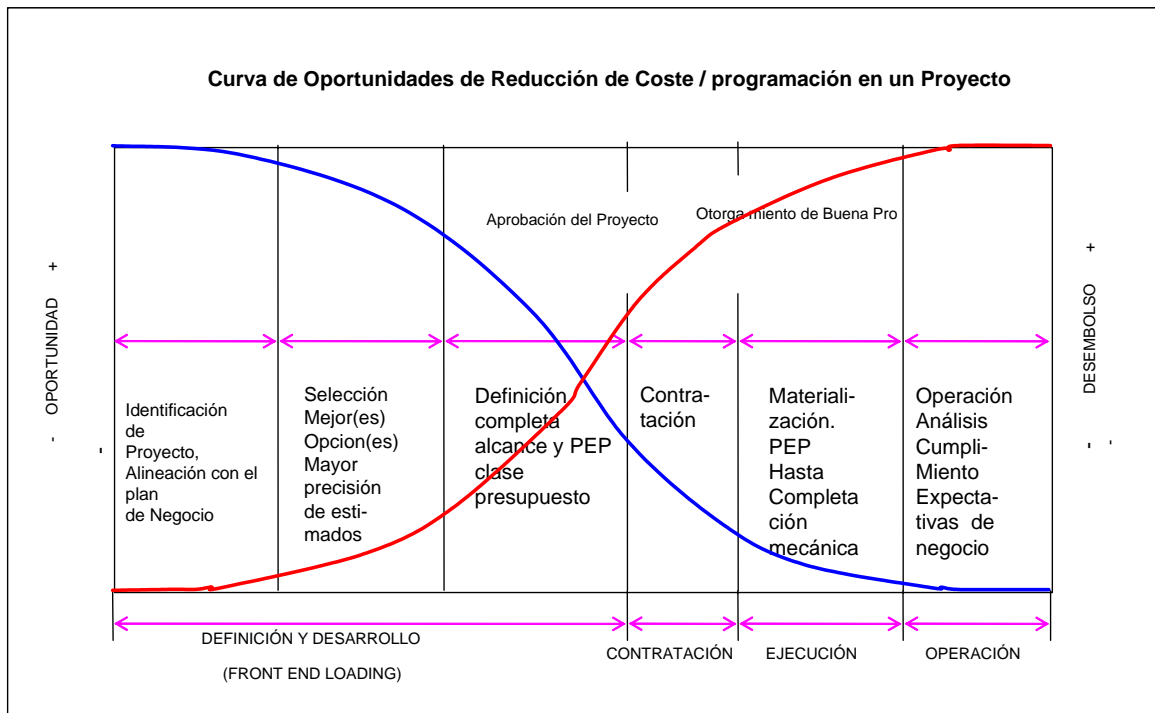
Al observarse la **Figura 1**, la curva de oportunidades de reducción de coste/programación en un proyecto, existe un paralelismo entre esta oportunidad y la correspondiente a la aplicación de los conceptos de confiabilidad. Como se aprecia, hay mucha más oportunidad de influenciar los resultados de coste y tiempo durante las etapas tempranas del proyecto, cuando los desembolsos son relativamente mínimos que en las etapas subsiguientes, cuando se construye y opera la instalación. Lo mismo sucede al aplicar confiabilidad a las instalaciones, si los conceptos son aplicados tempranamente, la influencia que puede tener en el nivel de confiabilidad del producto/instalación será mucho mayor que cuando se aplique en una fase intermedia o tardía del proyecto.

La aplicación de confiabilidad en la fase de diseño de un proyecto, requiere de la participación de las experiencias y habilidades multidisciplinarias de diferentes especialistas. Para lograr maximizar valor, se requiere una combinación de prácticas de dirección, finanzas, ingeniería, construcción y otras prácticas aplicadas a activos en búsqueda de un coste económicos del ciclo de vida. Este concepto tiene que ver directamente con **Confiabilidad Desde Diseño (CDD)** y mantenibilidad de activos (instalaciones).

Un aspecto a considerar a lo largo del ciclo de vida de un proyecto es lograr un balance adecuado entre productividad y seguridad a un coste óptimo. Esto tiene un efecto directo en la confiabilidad, y por lo tanto debe considerarse como parte de los aspectos de confiabilidad a ser aplicados en el ciclo de vida del proyecto. Se consigue a través de la gestión del riesgo definiendo las estrategias para cada uno de los siguientes aspectos, algunos de los cuáles están estrechamente relacionados:

- Diseño (Diseño robusto vs. Diseño bajo coste).
- Estrategia de mantenimiento y operación.
- Gestión de eventos anormales.
- Desincorporación del activo.
- Manejo de personal y cultura corporativa.
- Responsabilidad en seguridad.
- Gestión de escasez de recursos

- Actitud ante agentes reguladores (entes gubernamentales)



PEP: Plan de Ejecución de Proyectos

**Figura 1. Curva de oportunidades de reducción de coste/programación en un proyecto**

La definición de estrategias podría causar conflictos entre productividad y seguridad. Por ejemplo, cuando una producción ininterrumpida requiere tomar acciones que afecten la seguridad a corto o a largo plazo. Las estrategias más prudentes se soportan en un diseño robusto, mantenimiento preventivo frecuente, respuestas tempranas a señales de deterioro. En el otro extremo las estrategias están movidas por un plan agresivo de producción lo que redundaría en unas instalaciones o diseño menos robustos (a menudo más baratos), mínima inspección y mantenimiento a la espera de obtener máxima producción con un mínimo de interrupciones de operación.

Las estrategias a aplicar en cada uno de los aspectos arriba señalados, dependen de varios factores, entre ellos: la política de la empresa, el presupuesto disponible, la proyección del mercado, etc. Los aspectos de gestión de riesgo son necesarios tomarlos en consideración durante la etapa de definición y desarrollo que son los dos primeros señalados arriba: **Diseño y Estrategia de Mantenimiento y Operación.**

## CONFIABILIDAD EN LAS ETAPAS DEL PROYECTO

La aplicación de confiabilidad en la fase de diseño se divide en tres fases: **Visualización**, **Conceptualización** y **Definición**. Cada fase viene esencialmente dividida en **Acciones de confiabilidad** y **Lineamientos de confiabilidad**. En la primera se dan las acciones, procedimientos o documentos a realizar o generar durante la fase correspondiente. También se especifica el responsable (grupo o posición dentro del proyecto), los ejecutores (participantes) y en algunos casos, una breve explicación de la acción con ejemplos concretos que ayuden a aclarar las ideas. Los lineamientos de confiabilidad, se refieren a acciones y sugerencias ("tips" básicos) a llevar a cabo para facilitar y ayudar la aplicación de los conceptos de confiabilidad durante la fase correspondiente.

La aplicación de confiabilidad en la fase de diseño de los proyectos debe regirse por los siguientes principios fundamentales:

- La aplicación de confiabilidad en la fase de diseño, no requiere la intervención de un grupo de especialistas adicionales o con conocimientos particulares, ni tampoco cambiar la estructura organizacional (a excepción, si se detectan deficiencias en la misma). Los mismos participantes habituales de los proyectos son los que deben aportar la confiabilidad a través de sus acciones y la generación de documentos.
- Concientizar a los participantes de los proyectos de ingeniería, la importancia y la necesidad de aplicar confiabilidad desde diseño como forma de maximizar la utilización del activo o el valor del dinero invertido a lo largo del ciclo de vida del proyecto.
- La aplicación de los conceptos y procedimientos de ingeniería de control de riesgo son fundamentales para incrementar la confiabilidad de las instalaciones. Existe una estrecha vinculación entre productividad y seguridad y debe establecerse un balance entre ambos, aún cuando lo que se busca es lograr altos niveles de productividad y seguridad. Estos aspectos deben considerarse desde la fase de diseño y como parte integral de aplicación de confiabilidad.
- Aún cuando los conceptos de confiabilidad puedan ser comprendidos por la dirección media, ingenieros y otros participantes de un proyecto, es muy importante la participación y la comprensión de la alta dirección.

Durante la ejecución de los proyectos y a fin de asegurar la aplicación exitosa de conceptos de confiabilidad en la fase de diseño, es importante cumplir ciertos lineamientos que son comunes en cada fase del proyecto. A continuación, se citan los más importantes:

- Mantener siempre presente la alineación del proyecto con los requerimientos del plan de negocios.
- Identificar el riesgo de desviación con respecto al plan de negocios y hacer un análisis continuo de los potenciales riesgos identificados que podrían impedir el cumplimiento de esos lineamientos.
- Asegurar que cada participante de un proyecto comprenda la aplicación de los conceptos de confiabilidad durante la fase de diseño de los proyectos. Ésto incluye a la dirección encargada del negocio, personal de mantenimiento y operaciones y todos los ingenieros que participan en el proyecto.
- Asegurar que los recursos estarán disponibles para cuando se requieran. Este proceso requiere el concurso de equipos multidisciplinarios y deben tener planificado el tiempo para asegurar su participación. Este tiempo debe contemplar, además de reuniones de trabajo, tiempo para recopilación de información y trabajo de preparación.
- Asegurar que la información estará disponible y que los participantes de los proyectos sepan como tener acceso a la misma antes que ésta sea utilizada.
- No separar las actividades de confiabilidad de las actividades de ingeniería. Estas actividades no deben ser realizadas de manera paralela sino integradas.
- Evitar en lo posible realizar cambios en los miembros claves del equipo durante la fase de Conceptualización y Definición. Está demostrado que puede afectar negativamente los resultados del proyecto.
- Comunicar los resultados de aplicar confiabilidad a la dirección y al equipo de trabajo.

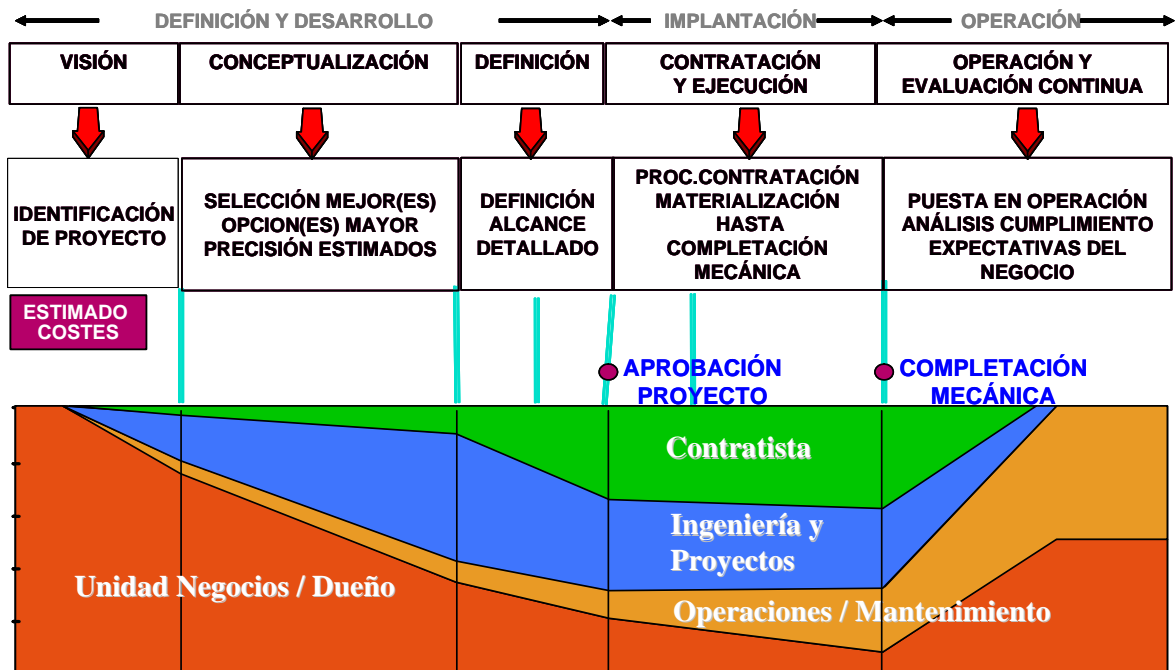


Figura 2. Proceso de dirección y gestión del proyecto

### Acciones de Confiabilidad

Definir la funcionalidad del proyecto. Una vez seleccionada una opción (en la fase de Conceptualización), se requiere que las definiciones funcionales de todos los equipos y sistemas sean documentadas formalmente en la medida que los diagramas de procesos sean preparados. Para esto, se debe generar un documento que contenga la siguiente información:

- Diseño conceptual del sistema.
- Lista de funciones primarias y activos asociados (relacionar la funcionalidad de los equipos)
- Estudio de disposición de equipos
- Especificación de equipos
- Definición funcional de los sistemas de control
- Filosofía de control
- Descripción de proceso.

Realizar un estudio de Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (RCM) en conjunto al análisis HAZOP (Hazards and Operability Studies). El resultado de este estudio llevará a una recopilación de los modos de falla que podrán esperarse cuando la instalación esté operando. La combinación de ambos estudios, es decir, HAZOP - RCM son lo que se conoce como **HAZROP**

## **(Hazard, Reliability, and Operability)** “Methodology to Incorporate Reliability into PHA Studies”

Realizar Análisis Cuantitativo de Riesgo (ACR) a fin de cuantificar el riesgo de un fallo de la instalación basado en la identificación de modos de fallo y el cálculo de sus probabilidades. En los modos de fallo es importante incluir fallos humanos.

Identificar estrategias de mantenimiento (mantenibilidad). Se debe generar una política de mantenimiento adecuado buscando optimizar costes. En este caso, los costes de mantenimiento requerido para alcanzar un cierto nivel de confiabilidad (y por lo tanto seguridad y producción a largo plazo) están balanceados con los costes de los fallos. Esta consideración lleva a incrementar la disponibilidad de la instalación y se logra considerando la accesibilidad, detección y aislamiento rápida de fallo, mantenimiento en línea, facilidad de remoción, reemplazo y reparación con mínimos ajustes.

Estas recomendaciones y tareas evitarán que al final de la ingeniería de detalle, el diseño final sea total o parcialmente sometido a revisión por razones de mantenibilidad, el cuál puede llevar a realizar rediseño antes de la fase de construcción. Este rediseño puede llegar a ser costoso en labor y tiempo.

## **CONCLUSIONES**

- La aplicación de confiabilidad desde la etapa de diseño de un proyecto, permitiría una mejor **Utilización del Activo (UA)** o maximizar el valor del dinero invertido de una instalación hasta la fase de Desincorporación de un proyecto.
- Esta metodología, es susceptible a evolucionar en el tiempo en la medida que se adquiera mayor experiencia en su aplicación. Propongo a las empresas que estudien esta metodología y que se someta a un proceso de mejora continua a fin de lograr las “**Mejoras Prácticas**” de confiabilidad adaptadas a cada realidad y a la manera de hacer las cosas, y así lograr que las instalaciones sean de “**Clase Mundial**”.
- Los aspectos de confiabilidad señalados en esta metodología van dirigidos a centrar al alcance del proyecto de una manera más eficiente ya que permite identificar alcances innecesarios que llevaría a identificar áreas incompletas del diseño conceptual y un mejor entendimiento de los requerimientos de



mantenimiento de las instalaciones (mantenimiento en diseño) lo que augura en el futuro en una reducción de costes de mantenimiento, una mejor aplicación de las actividades de mantenimiento donde sea requerido y para la reducción de la tasa de fallos.

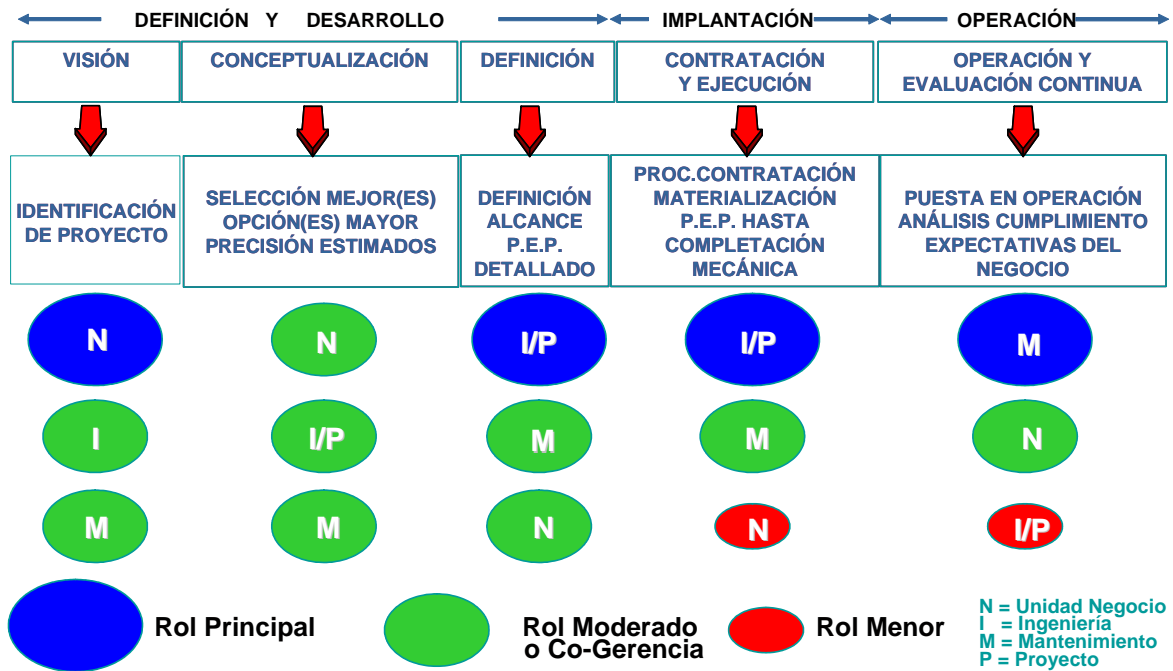


Figura 3. Proceso de ejecución de proyectos/Roles

## BIBLIOGRAFÍA

- British Standard BS 3843; (1992), *Guide to Terotechnology (The economic management of assets)*.
- Fulvio E. Oliveto; (1997), *The Four Steps to Achieve a Reliable Design*; IEEE.
- John Woodhouse; (1993), *Managing Industrial Risk*; Champman and Hall; UK.
- Jørn Vatn; (1997), *Maintenance Optimisation from a Decision Theoretical Point of View*; Reliability Engineering and System Safety 58.

- Michelle M. Baron and M. Elizabeth Paté-Cornell; (1999), *Designing Risk-Management Strategies for Critical Engineering Systems*; IEEE.
- NW Hodges; (1996), *The economic Management of Physical Assets*; Mechanical Engineering Publications Limited, London and Bury St Edmunds, UK.
- Rajen Batavia; (1999), *Front-end-Loading- A Path to a Successful Project*, Bechtel Corporation.
- Robert L. Post; (1999), *High-Asset Use of Capital Facilities*; 8<sup>th</sup> International Process Plant Reliability Conference and Exhibition; Gulf Publishing Company and Hydrocarbon Processing.

**AUTOR:** Luis Amendola, Dr. Engineering Management, Consultor Industrial e Investigador del **PMM Institute for Learning y la Universidad Politécnica de Valencia España**, 24 años de experiencia en la industria del petróleo, gas, petroquímica y empresas de manufactura; colaborador de revistas técnicas, publicación de libros en *Project Management* y *Mantenimiento*. Participación en congresos como conferencista invitado y expositor de trabajos técnico en eventos locales e internacional en empresas y universidades.