

El mantenimiento de Precisión; la Prevención contra los Errores



Autor

José R. Contreras Martínez

Ingeniero Mecánico, Especialista en Gestión de Activos, CRL, CGMC

CEO Jrcm Consultoría en Gestión de Activos

Valencia. Edo. Carabobo. Venezuela

jcontreras@jrcmve.com

+58 – 4144421974 | +58 – 4124421900

1. RESUMEN

Tradicionalmente las personas expresan la definición de Confiabilidad de manera cualitativa y otras de manera cuantitativa, pero sea cual sea la expresión que decidan utilizar, la verdad es que nunca conseguiremos ese nivel de confiabilidad, deseado en unos casos o estimado en otros, si nosotros, la gente, continuamos cometiendo errores en las ejecuciones de aquellas tareas que nos asignan. Estos errores, que en algunos casos pudiesen generar altas o bajas consecuencias, o producirse con mucha o poca frecuencia, a la larga siempre serán errores humanos que de manera sistemática incumplen normativas que han podido tener como origen desde la selección de los activos, siguiendo por su instalación, operación, mantenimiento hasta el desconocimiento del momento oportuno de su retirada o reemplazo.

Buscaré relacionar estas ideas para aclarar que la búsqueda de una Cultura de Confiabilidad será posible cuando, primero, lideremos cambios en la gente, luego en los activos, más tarde en los procesos, para terminar generando productos (objetos o servicios) que sean competitivos en nuestros mercados actuales; mercados que, por cierto, se mantienen permanentemente cambiantes y por lo cual habrá que moverse a mayor velocidad que el mejor de nuestros competidores.

El solo hecho de la alta frecuencia de tareas, que hoy pudiéramos especular que “no eran necesarias”, no necesariamente son las causas de las fallas de los activos, ya que aún queda la posibilidad de que las causas fueran aleatoriamente puras, pero lo que sí es cierto es

que historias sobre los resultados del mantenimiento han llevado a que personas y organizaciones hablen de manera general sobre las causas de las fallas y hasta profesen expresiones, que más tarde se convierten en frases o lemas arraigados en las culturas organizacionales y hasta otros los llamen “leyes”, tales como:

- La causa fue el sobre mantenimiento
- Lo que está quieto, déjelo quieto,
- No arregle lo que no está roto,
- La Ley de Murphy,
- Tranquilo que somos humanos y tenemos derecho a equivocarnos,
- Y varias otras más.

Mis preguntas son:

- ¿Por qué una acción o tarea programada de mantenimiento, aun siendo innecesaria, debe producir una falla si fue adecuadamente ejecutada?
- ¿No se vería solamente afectada la disponibilidad del equipo?
- ¿Por qué debe verse afectada la confiabilidad por ejecutar una tarea, que aunque innecesaria, fue realizada con la precisión adecuada?
- ¿Cuáles son los verdaderos orígenes de las causas de las fallas?
- ¿Será que el Sr. Murphy está en la nómina de nuestra empresa y no lo sabíamos?

Indudablemente que la mantenibilidad ejecutada, en caso de que sea invasiva, afectará la disponibilidad del equipo y, dependiendo de la configuración funcional de los procesos,

hasta podría afectar la disponibilidad de un sistema, de un activo o de una línea de producción, pero si fue ejecutada con la precisión necesaria no debería ser la causa de ningún otro tipo falla ni tampoco debería verse afectada la confiabilidad del equipo.

Nuestro legado es la suma de los valores, logros y acciones personales que resuenan en las personas que nos rodean. Pero, hablando del Mantenimiento Industrial.... ¿Cuál ha sido nuestro LEGADO? ¿El Mantenimiento ha entregado el “valor” que las organizaciones han esperado de él?



Fig. 1: ¿Cómo le estamos haciendo?

Para equipos mantenibles existen cinco posibles estados en los que ellos pueden quedar, una vez ejecutadas las acciones de mantenibilidad:

- Mejor que nuevo
- Tan bueno como nuevo
- Mejor que antes de las acciones de mantenimiento, pero peor que cuando estaba nuevo.
- Tan malo como antes de las acciones de mantenimiento
- Peor que antes de las acciones de mantenimiento

Tenemos que saber demostrar que el mantenimiento es una inversión, que aporta valor, y pienso que la mejor manera es evidenciarlo en base a satisfacer o superar las expectativas de los resultados operativos y financieros.



Fig. 2: La industria 5.0 y el mantenimiento

2. LAS LEYES O TRADICIONES QUE SIRVEN DE ESCUDO O MÁS BIEN DE EXCUSA.

Hemos creado expresiones, slogans, frases y hasta las hemos denominado “Leyes” y es de aquí donde muchos de nuestras culturas se han aferrado para justificar lo errores humanos. Errores que se convierten en las verdaderas raíces de las causas de nuestras continuas fallas.



Fig. 3: Los errores humanos, el origen

Les presento varios ejemplos de estas expresiones, slogans o leyes, y en cada uno mis comentarios sobre confiabilidad humana:

2.1 La Ley de Murphy

Según Wikipedia, existen diferentes versiones sobre el origen de la ley de Murphy y sobre los detalles de cómo fue formulada inicialmente. Una de estas versiones fue que durante el periodo de 1947-1949 se desarrolló un plan denominado MX100 en el campo Muroc (llamado más tarde Base Aérea Edwards) destinado a probar la resistencia humana a las fuerzas G durante una desaceleración rápida. Para las pruebas se empleaba un cohete sobre rieles con una serie de frenos en un extremo.

Edward Murphy propuso usar medidores electrónicos de esfuerzo sujetos al arnés para medir la fuerza ejercida sobre ellos por la rápida desaceleración. El asistente de Murphy cableó el arnés, sin embargo, los sensores dieron una lectura de cero. Entonces se advirtió que se había producido un error en la instalación: cada sensor se había cableado al revés. Según otro ingeniero que estaba presente de nombre George Nichols, Murphy que estaba frustrado le echó la culpa de forma arrogante a su asistente, diciendo: «Si tiene una forma de cometer un error, lo hará». La versión de Nichols es que la ley de Murphy surgió, más tarde, en una conversación entre otros miembros del equipo y, con el tiempo, se convirtió en «Si puede ocurrir, sucederá», y fue denominada «la ley de Murphy» de forma irónica, de forma burlona y hasta cínica.

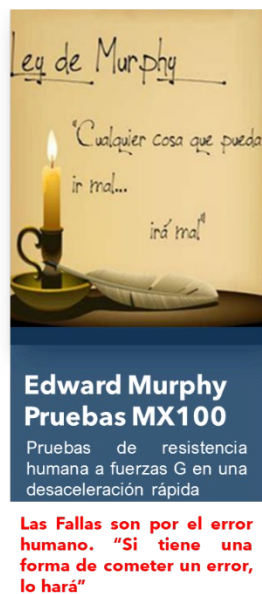


Fig. 4: La expresión de Murphy (Nunca una Ley)

En 1952 apareció la frase «Todo lo que pueda salir mal, pasará» en un epígrafe del libro *The Butcher: The Ascent of Yerupaja* de John Sack.

Posiblemente el primer uso impreso del nombre de Murphy en relación con la ley está en el libro de 1955 de Lloyd Mallan de nombre “Men, Rockets and Space Rats” (Hombres, cohetes y ratas espaciales).

Sin embargo, la forma más conocida de esta ley («Lo que pueda salir mal, saldrá mal») nunca

fue pronunciada por Edward Murphy. Se trata, en realidad, de una frase que fue popularizada por el escritor de ciencia ficción Larry Niven, gracias a varias historias sobre mineros de asteroides que tenían una religión y cultura que incluían el miedo y la adoración del dios Finagle y su profeta demente Murphy. En estas historias la frase es la Ley de Finagle de los Negativos Dinámicos.

No obstante a todo lo antes expuesto y sea cual sea el verdadero origen de la expresión, donde coincido en que es sarcástica, burlona y hasta cínica, el análisis se centra en los errores humanos. Quizás en los años 40's o 50's los principios de confiabilidad aún no eran conocidos por todos y lo que hoy llamamos diseño para confiabilidad, diseños poka-yoke o mantenimiento de precisión con toda seguridad hubieran evitado, si ese hubiese sido el caso, ese histórico error de conexión. Mi análisis es:

- ¿Estaba bien informado el técnico en el cómo instalar el cableado de los sensores?,
- ¿Había procedimientos e instrucciones inequívocas?

De no ser así, en lugar de responsabilizar al técnico, deberíamos responsabilizar al Sr. Murphy por haber ordenado una instalación sin capacitar al técnico. Analizando el caso, hoy hablaríamos no solo del técnico como una Raíz Humana, sino del mismísimo Mr. Murphy como una Raíz Latente.

Lo aquí comentado es la base para que muchas organizaciones consideren a los errores como algo normal, común y creo que seguir renombrando a la Ley de Murphy como la causa de nuestras acciones inadecuadas no es otra cosa que una salida fácil y rápida y llamarlo Ley es todo un error cultural.

2.2 Somos humanos y tenemos el derecho a equivocarnos

Antes de analizar la expresión, comencemos definiendo la palabra “Derecho”. El vocablo derecho proviene del latino directum, que significa no apartarse del buen camino, seguir el

sendero señalado por la ley, lo que se dirige o es bien dirigido. Lo que es justo, legítimo.

Tomando estas acepciones;

- ¿Cómo se puede justificar que la equivocación es un derecho fundamental de las personas?,
- ¿Por qué tendríamos el derecho de realizar una tarea de manera incorrecta?,
- ¿Tienen un cirujano el derecho de equivocarse cuando una persona está en su mesa de operaciones?,
- ¿Tiene un piloto de avión, un controlador aéreo o un mecánico de turbinas el derecho de hacer inadecuadamente su trabajo y generar pérdidas humanas?
- Apostaría a que todos los lectores dirán que no.



Fig. 5: ¿Derecho a equivocarnos?

Cada vez que cometemos errores nos surge esta justificación, pero es realmente la expresión adecuada a ser utilizada por las organizaciones, o más bien:

“Somos humanos y tenemos probabilidad de equivocarnos”

Si posibilidad es el hecho de que “algo pueda suceder”, la probabilidad es la cuantificación de que “suceda un determinado hecho o situación”. Indudablemente al utilizar la palabra “derecho”

nos da la percepción de permiso, justificación, autorización, consentimiento y otros sinónimos más, hasta llegar a llamarla “Ley”, pero al cambiarla a “probabilidad” la expresión toma otro giro, uno que nos lleva a buscar la reducción de las probabilidades de cada posible error que podamos cometer en nuestras tareas del día a día. Esa reducción de las probabilidades del error no sería otra cosa que el incremento de la confiabilidad humana.

2.3 No arregle lo que no está roto.

Pareciera obvio que arreglar lo que no está roto es algo innecesario, ineficiente y hasta ilógico, pero si dentro de la palabra “arreglar” conceptualizamos las actividades de Mantenimiento Preventivo (ISO 14.224:2016), que abarca tanto acciones predeterminadas como de basadas en condición, todas estas tareas se justifican si son requeridas por los equipos, pero:

- una inspección que solo se pueda realizar de manera invasiva, ¿debe esperar a que algo esté roto o que el equipo no sea capaz de cumplir su función para ser realizada?,
- para un elemento sujeto a desgaste, ¿el reemplazo por ciclo de vida debe esperar a que el equipo ya no sea capaz de cumplir su función para ser programado?,
- ¿cuál sería el mejor equilibrio en costos-riesgo-beneficio entre dejar fallar o realizar estas tareas cuando aún un equipo crítico “no está roto”?

Las respuestas a estas últimas preguntas rompen este paradigma, ya que si el equipo a realizarle una actividad de mantenimiento preventivo es de riesgo para la organización, sus probabilidades de fallas aleatorias son altas y dicha falla no puede ser identificada con tecnología que cuantifique la condición del equipo, pienso que no quedaría otra opción que programarle inspecciones invasivas. Si estas inspecciones son ejecutadas adecuadamente no deberían producir o generar más tarde una falla y la pérdida de disponibilidad es justificada por el nivel de riesgo que dicho equipo o activo

tenga. El equipo o activo no estaba roto pero era necesario inspeccionarlo, era necesario detenerlo.

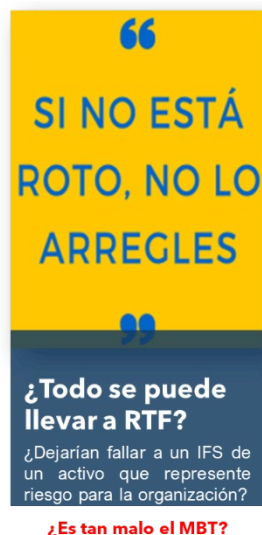


Fig. 6: ¿Realmente es tan malo el Mantenimiento Basado en Tiempo o en uso?

Las actividades por ciclo de vida o las llamadas basadas en tiempo o en uso, también se justifican realizarlas a menos que el equipo o activo se le haya asignado la estrategia de “Dejar Fallar o Run to Failure (RTF)”, pero como simples ejemplos les comento:

- ¿esperarían a que el motor de su auto muestre problemas por pérdida de propiedades del lubricante o cambiarían el aceite y su filtro cada cierto kilometraje según el tipo lubricante que hayan utilizado?,
- ¿esperarían que un rodamiento desgastado genere daños adicionales en otras partes de una bomba antes de programarle su reemplazo?,
- ¿no creen que una mala ejecución pueda suceder tanto en acciones programadas como no programadas?

Nos preocupamos muchísimo cuando actuamos sobre un equipo que aún está cumpliendo con sus funciones porque suspenderíamos la continuidad operativa, pero en la realidad es que muchas veces de lo que no estamos seguros es que podamos regresarlo o devolverlo en una condición mejor o igual a cuando lo detuvimos,

es por esto por lo que muchos terminan decidiendo, “ya que está quieto, pues déjelo quieto”.

3. LAS ACCIONES POR TOMAR.

Cualquier organización debería preguntarse ¿Cómo se puede conseguir un necesario y competitivo nivel de RAMSS (Confiabilidad, Disponibilidad, Mantenibilidad, Soportabilidad y Seguridad) en sus procesos si no se cuenta con personal confiable?

Pienso que todo debe comenzar con la confiabilidad humana de los propios líderes, que ellos sean capaces de generar una energía de cambio capaz de vencer estas improductivas leyes o tradiciones bastante arraigadas en las culturas organizacionales y entender que no solo los errores, que a veces son simples y otras veces catastróficos, los cometen solo los operadores y mantenedores, ya que también el personal de diferentes niveles gerenciales los realiza.

En un entrenamiento que recibí sobre Gerencia de Mantenimiento, conocí una fórmula algo filosófica sobre la Energía de Cambio atribuida a Michael Beer, Profesor emérito de Administración de Empresas de la Escuela de Negocios de Harvard, presidente y cofundador de TruePoint, una consultora basada en investigación. Quiero plantearles las acciones a tomar basándome en esta fórmula pero siempre haciendo referencia a la confiabilidad humana.

La fórmula en cuestión establece lo siguiente sobre la Energía de Cambio (Ec):

$$E_c = IP \cdot CSA \cdot CLQQ \cdot CLPP + CAP \quad (1)$$

Donde:

- IP = Insatisfacción Positiva
- CSA = Claridad en la Situación Actual
- CLQQ = Claridad en lo que se quiere
- CLPP = Claridad en los Primeros Pasos
- CAP = Capacitación

3.1 La Insatisfacción Positiva (IP).

Todo cambio cultural y en este caso hacia la confiabilidad debe iniciarse por una insatisfacción positiva (IP) con el estatus quo, que busquemos luchar contra nuestros propios demonios. Si queremos ser tan efectivos como necesitamos, si requerimos que nuestra organización sea competitiva y/o nuestros empleados estén comprometidos, es esencial liberar la motivación para el cambio entre los empleados a todos los niveles. La primera tarea de los líderes es "crear insatisfacción positiva, querer cambiar todo estatus quo que ayude a la desconfiabilidad". Esto se puede hacer resaltando los problemas de confiabilidad actuales o potenciales, haciendo manifiestas y discutibles las preocupaciones de los clientes y accionistas y permitiendo que los niveles inferiores nos muestren la verdad de nuestros procesos pero no siempre se plantean a los altos cargos debido al miedo creado por la jerarquía.

3.2 Claridad en la Situación Actual (CSA).

Un adecuado diagnóstico de los conocimientos, habilidades y destrezas, o como otros lo llaman competencias, de nuestra gente es necesaria. Conocer el ¿Por qué cometemos errores? es primordial para la propuesta de acciones. Durante mis poco más de cuarenta (42) años de trabajo me he conseguido en muchas empresas con el paradigma cultural de que los años de experiencia dan las capacidades suficientes para conocer los procesos y realizar las tareas encomendadas, pero me pregunto:

- ¿si realmente fuese así, porqué gerentes, operadores y mantenedores siguen cometiendo los mismos errores?,
- ¿por qué no han aprendido de ellos?,
- ¿por qué muchos equipos siguen siendo mal seleccionados y/o diseñados; y de esto no podemos responsabilizar a operadores o mantenedores?,
- ¿por qué un equipo sufre de las mismas fallas año tras año y solo nos ocupamos de restablecer la condición de funcionalidad

sin evitar de raíz las causas que habían producido esas fallas?,

- ¿será que muchos confunden experiencia con antigüedad?

Yo creo en el cero falla, creo en el cero defecto, pero también tengo claro que no es que sea fácil conseguirlo, pero tampoco creo que es imposible. Debemos comenzar conociendo la realidad de nuestra gente en toda la estructura organizacional, sus verdaderas competencias, equipos y herramientas disponibles para realizar sus trabajos, los niveles y tipos de MRO disponibles, las necesidades de los activos versus las planificaciones de operaciones y la influencia que el contexto operacional realmente tiene sobre el ciclo de vida de los equipos y sus componentes.

3.3 Claridad en lo que se quiere (CLOQ).

- ¿Qué buscamos?,
- ¿Qué queremos conseguir?,
- ¿Cuál es nuestra Misión y Visión?,
- ¿Cuál es nuestro Plan Estratégico de Gestión de Activos?,
- ¿Cómo debe contribuir la Gestión de Mantenimiento para conseguir nuestros planes?
- ¿Cuál es el nivel del RAMSS requerido para conseguir los objetivos?

A estas preguntas, y quizás a muchas otras más que se nos planteen, debemos tenerles respuestas claras y oportunas, precisas y concisas y vuelvo a resaltar el hecho de que la mayoría de ellas están más relacionadas con niveles gerenciales, tanto altos como medios, que al personal de operaciones y mantenimiento a quienes normalmente se le atribuyen casi todas las causas de nuestras fallas.

3.4 Claridad en los Primeros Pasos (CLPP).

Una cosa es hacer planes y programas y otra es la implementación o puesta en práctica de estos. Pienso que lo primero es dirigir los esfuerzos hacia la rotura de estas barreras culturales o paradigmáticas que hacen difícil los cambios. Los líderes deben crear un proceso de

compromiso del personal para superar las resistencias que surgirán cuando los gerentes y empleados se den cuenta de que la implementación de un nuevo modelo resultará en beneficios no solo para la empresa sino para todos los relacionados. Michael Beer expuso que es el miedo a perder el estatus lo que crea la resistencia emocional al cambio. Si el cambio no condujera a la ansiedad por las pérdidas, no habría resistencia. La esencia de todo cambio efectivo es ayudar a las personas a aceptar pérdidas para el bien mayor (el éxito de la empresa, la implementación de una misión significativa y la seguridad a largo plazo).

Para establecer una prioridad, la alta gerencia, debe participar en un debate abierto sobre los cambios de paradigmas necesarios para lograr resultados significativos. El resultado será acordar qué pensamiento debe cambiarse y sabiendo esto, la alta gerencia, debe proveer el soporte necesario.

Resumiendo, cuando se necesita un cambio cultural para lograr un mejor desempeño, la alta gerencia debe formar parte del proceso. Necesita examinar qué pensamiento y comportamiento deben modificarse, incluyendo el suyo propio, para dar inicio al proceso de cambio. Ciertamente necesita fijar la visión, metas y valores que quiere que la organización logre y debe realizar los cambios de política necesarios. Además, es necesario que provea un soporte visible, buscar los agentes de cambio y eliminar los obstáculos.

Si me preguntan, el primer paso que yo buscaría desarrollar es el cambio de la cultura reactiva o una “PROACTIVA”, que busque adelantarse a los hechos, a evitar causas en lugar de conformarse con restablecer la operatividad de los equipos, a que aprendamos a priorizar nuestras acciones y enfocarnos en lo que realmente sea importante para nuestra organización.

3.5 Capacitación (CAP).

En primera instancia, muchos pudieran pensar que las acciones de capacitación deben dirigirse

primordialmente a los operadores y mantenedores, pero la realidad es que no solo ellos cometen errores. Los niveles gerenciales tanto altos como medios son los que planifican, programan, deciden y se convierten en muchas de las causas raíz latentes que producen fallas en nuestros procesos.

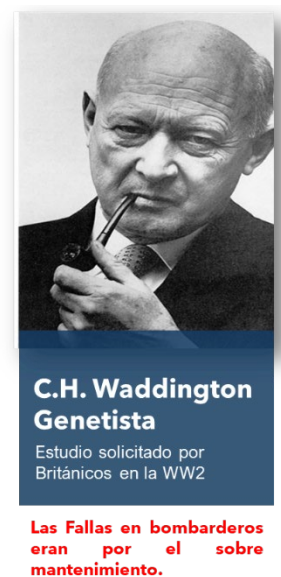


Fig. 7: El Efecto Waddington

Un elemento central de un documento del Dr. James P. Ignizio “El Efecto Waddington”, es una discusión sobre el desarrollo de especificaciones de mantenimiento que cumplan con C⁴U, es decir, especificaciones que sean Claras (Clear), Completas (Complete), Concisas (Concise), Correctas (Correct) e Inequívocas (Unambiguous). Se debe describir la importancia vital, para forzar la preparación, de lo que puede parecer ser, y lo que con demasiada frecuencia se trata como, la tarea mundana y poco glamorosa del desarrollo y la validación de tales especificaciones.

Soy un creyente de la Cultura de Confiabilidad, pero muy poco servirá desarrollar las competencias en “Confiabilidad Dirigida por el Operador” o de “Mantenimiento de Precisión para los mantenedores” si seguimos elaborándoles inadecuadas planificaciones y programaciones, si no los dotamos de herramientas y equipos necesarios para la ejecución de sus labores, si no cuentan con

Órdenes de Trabajo C⁴U, si no disponemos de los repuestos y materiales para que las acciones de mantenimiento. Sin lo anterior jamás seremos capaces de asegurar la disponibilidad necesaria para cumplir con los planes de la organización.



Fig. 8: La Precisión. La base de la mantenibilidad

4. LAS CONCLUSIONES.

Me gusta hacer referencia de frases creadas por personas que fueron capaces de generar grandes cambios. Para terminar les traigo una de las muchas expresiones que Henry John Heinz, quien en vida fuera fundador de Industrias Heinz, mantenía presente en la cultura de sus empresas. H.J. Heinz les decía a sus empleados:

“Hacer las cosas sencillas excepcionalmente bien trae éxito”.

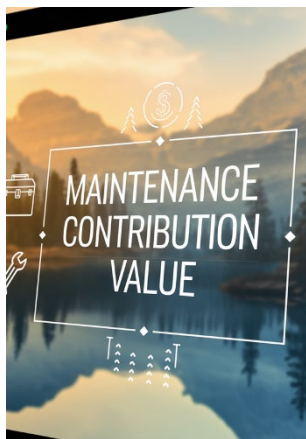


Fig. 9: EL Mantenimiento. Una fuente de Valor

Hay que aceptar que muchas tareas pueden tener desde un bajo, medio o hasta un alto nivel de complejidad, pero si el equipo de trabajo es capaz de conocer a la perfección el cómo

funcionan sus activos, conocerá muy bien no solo el cómo sino también por qué fallan los equipos y se darán cuenta que esas cosas que antes parecían complejas se volverán sencillas.

Cuando nuestras tareas estén soportadas por un adecuado liderazgo, capacitación y cultura, podremos hacerlas de manera confiable, de manera segura, de manera eficaz, de la única manera como deben hacerse las cosas “BIEN HECHAS”.

Recuerden, necesitamos energía para cambiar y si recordamos a esa ecuación filosófica de Michael Beer, filosófica pero ecuación al fin y al cabo, y alguien me preguntara que unidades le colocaría; yo les diría que para cambiar lo primero que necesitamos son ganas, o hasta quizás algo de Kilo-ganas.



Fig. 10: Si no hay Ganas, no habrá cambio

La Calidad, la Productividad y la Confiabilidad de los Activos es la consecuencia del involucramiento de todas las áreas de la organización, es el trabajo en equipo con un fin común el cual no puede ser otro que mejorar el nivel de competitividad, de rentabilidad, de estabilidad, de crecimiento de cada organización dentro de su mercado y de aquí mi conclusión:

“Si bien es cierto que solamente procesos confiables hacen productos confiables, estos procesos confiables serán consecuencia lógica si contamos primero con Gente Confiable”

5. BIBLIOGRAFÍA.

[1] Colaboradores de Wikipedia. Enciclopedia Barsa 10. Editorial Barsa. 1960. El libro del siglo XX. Blume, Grupo Clarín. 2000. Matthews, Robert. «Tumbling toast, Murphy's Law and the fundamental constants», en: European Journal of Physics, vol. 16, n.º 4, 18 de julio de 1995, pp. 172–176.

[2] UNE-EN ISO 14224:2016 (Ratificada). Industrias del petróleo, petroquímicas y del gas natural. Recogida e intercambio de datos de mantenimiento y fiabilidad de los equipos (ISO 14224:2016, versión corregida 2016-10-01) (Ratificada por AENOR en diciembre de 2016.)

[3] El efecto Waddington, el cumplimiento de C^4U y el impacto posterior en la preparación de la fuerza. Dr. James P. Ignizio, Profesor Beecherl de Ingeniería; Universidad de Texas – Panamericana; igniziojp@utpa.edu

[4] Ignizio, J.P. 2009. Optimización del rendimiento de la fábrica, McGraw-Hill, Nueva York.

1. Nombre del autor: José Ramón Contreras Martínez
2. Teléfono
 - a. Residencia: +58 414.4214753
 - b. Oficina: +58 412.4421900
 - c. Celular: +58 414.4421974
3. Dirección del autor
 - a. Oficina: Urb. Prebo 3. Av. 123. Casa No. 120-131.
 - b. E. mail: jcontreras@jrcmve.com
 - c. Ciudad: Valencia. Edo. Carabobo
 - d. País: Venezuela

Breve C.V.

Ingeniero Mecánico con Título de Postgrado de Especialización en Gestión Integral de Activos UCAM, España. Postgrado en Gerencia en Estudios Especializados en Calidad y Productividad UNITEC, Venezuela. Certificado en TPM, RCM, RCA. Certificado como Líder en Confiabilidad (CRL) por la Asociación Americana de Profesionales en Gestión de Activos (AMP). Certificado como Gestor de Mantenimiento y Confiabilidad (CGMC) por ACIEM. Colombia. Miembro del Comité de Fiabilidad de la Asociación Española de Mantenimiento (AEM). Facilitador y asesor en Gestión de Activos para Consultoras en Venezuela, Reino Unido, México, Colombia, Perú, República Dominicana y España.