



INSTITUTO TECNOLÓGICO DE APIZACO

DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN

**“PLANEACIÓN, CONTROL Y REDUCCIÓN DE RIESGOS PARA
MEJORAR LA SEGURIDAD E HIGIENE EN LAS EMPRESAS DE
CONSTRUCCIÓN DE PREFABRICADOS”**

TESIS

**QUE PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRO EN INGENIERÍA ADMINISTRATIVA**

PRESENTA

ING. ALEJANDRO DIAZ GARCIA

DIRECTOR

M.C. CRISANTO TENOPALA HERNÁNDEZ

CO-DIRECTOR

M.A. MA ELIZABETH MONTIEL HUERTA

APIZACO, TLAX. DICIEMBRE DE 2014



"2014, Año de Octavio Paz"

Apizaco, Tlax., 08 de Septiembre de 2014

ASUNTO: Aprobación del trabajo de Tesis de Maestría.

M.A.D. MA. A. ACELA DAVILA JIMENEZ
JEFA DE LA DIVISIÓN DE ESTUDIOS
DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN.
P R E S E N T E.

Por este medio se le informa a usted, que los integrantes de la **Comisión Revisora** para el trabajo de tesis de maestría que presenta el: **ING. ALEJANDRO DIAZ GARCIA**, con número de control **M12370010** candidato al grado de **Maestro en Ingeniería Administrativa** y egresado del **Instituto Tecnológico de Apizaco**, cuyo tema es: **"PLANEACIÓN, CONTROL Y REDUCCIÓN DE RIESGOS PARA MEJORAR LA SEGURIDAD E HIGIENE EN LAS EMPRESAS DE CONSTRUCCIÓN DE PREFABRICADOS"**, fue:

A P R O B A D O

Lo anterior, al valorar el trabajo profesional presentado por el candidato y constatar que las observaciones que con anterioridad se le marcaron así como correcciones sugeridas para su mejora ya han sido realizadas.

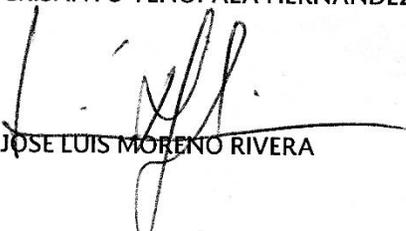
Por lo que se avala se continúe con los trámites pertinentes para su titulación.

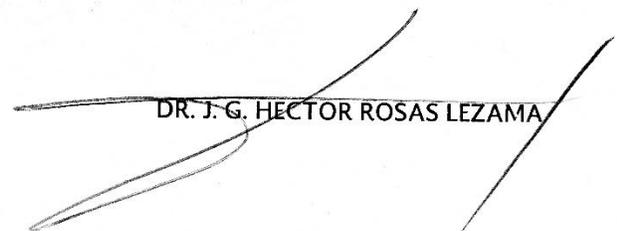
Sin otro particular por el momento, le envió un cordial saludo.

LA COMISIÓN REVISORA


M.C. CRISANTO TENOPALA HERNANDEZ


M.A. MA. ELIZABETH MONTIEL HUERTA


M.C. JOSE LUIS MORENO RIVERA


DR. J.G. HECTOR ROSAS LEZAMA

C. p.- Interesado.



Av. Instituto Tecnológico S/N, Apizaco, C.P. 90300 Apizaco, Tlaxcala.
Tels. 01 241 417 20 10, Conmut 101 Ext. 146.
e-mail: posgrado@itapizaco.edu.mx, www.itapizaco.edu.mx



RSBC - 616
PÁGINA DE INICIO: 0000000000
PÁGINA DE SEPARACIÓN: 0000000000
PÁGINA DE TERMINACIÓN: 0000000000



"2014, Año de Octavio Paz"

Apizaco, Tlax., 04 de Diciembre de 2014

No. OFICIO: DEPI/403/14

ASUNTO: **Se Autoriza Impresión de Tesis de Grado.**

ING. ALEJANDRO DIAZ GARCIA
CANDIDATO AL GRADO DE MAESTRO EN
INGENIERÍA ADMINISTRATIVA
No. de Control: **M127370010**
PRESENTE.

Por este medio me permito informar a usted, que por aprobación de la Comisión Revisora asignada para valorar el trabajo, mediante la Opción: **I Tesis de Grado por Proyecto de Investigación**, de la **Maestría en Ingeniería Administrativa**, que presenta con el tema: **"PLANEACIÓN, CONTROL Y REDUCCIÓN DE RIESGOS PARA MEJORAR LA SEGURIDAD E HIGIENE EN LAS EMPRESAS DE CONSTRUCCIÓN DE PREFABRICADOS"** y conforme a lo establecido en el Procedimiento para la Obtención del Grado de Maestría en el Instituto Tecnológico, la División de Estudios de Posgrado e Investigación a mi cargo le emite la:

AUTORIZACIÓN DE IMPRESIÓN

Debiendo entregar un ejemplar del mismo debidamente encuadernado y seis copias en CD en formato PDF, para presentar su Acto de Recepción Profesional a la brevedad.

Sin otro particular por el momento, le envío un cordial saludo.

ATENTAMENTE
PENSAR PARA SERVIR, SERVIR PARA TRIUNFAR®


M.A.D. MA. A. ACÉLA DÁVILA JIMENEZ
JEFA DE LA DIVISIÓN DE ESTUDIOS
DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN.



Secretaría de Educación Pública
Instituto Tecnológico de Apizaco
División de Estudios de Posgrado
e Investigación

C.p.- Consecutivo.

MAADJ/mebr



Av. Instituto Tecnológico S/N, Apizaco, C.P. 90300 Apizaco, Tlaxcala
Tels. 01 241 417 20 10. Conmut. 101 Ext. 146.
e-mail: posgrado@itapizaco.edu.mx, www.itapizaco.edu.mx



Resumen

El presente trabajo guía al lector a través de tres metodologías para evaluar riesgo en instalaciones, causadas por desviaciones, tanto humanas, como del diseño original de los equipos que se utilizan para prestar o generar un bien o servicio. Este estudio está orientado al sector de la construcción y en específico, para el proceso de producción de estructuras prefabricadas en una empresa con sede en el Estado de México.

En la introducción se presenta de forma general la situación del problema, los objetivos y la hipótesis entre otros puntos. Estos, son la base que habrá de dirigir el rumbo de esta investigación. El capítulo 1, contiene la recopilación de los fundamentos, identificando las últimas aportaciones en el campo de la investigación, definiendo los conceptos y modelos de aplicación, que se están utilizando para evaluar riesgo actualmente, además de especificar el marco contextual que definirá este caso en particular.

Posteriormente en el capítulo 2 se presenta la metodología utilizada para probar la hipótesis de trabajo, denotando cada uno de los pasos a seguir en esta investigación. El capítulo 3 contiene los resultados obtenidos, con ayuda de software, conocimientos técnicos, herramientas administrativas así como trabajo de campo, se organiza la información de tal manera que es posible analizar e identificar situaciones de riesgo. El capítulo 4 presenta la propuesta de mejora basado en un esquema de experimentos de simulación en una de las áreas de mayor impacto dentro de la empresa.

Para realizar este trabajo, se elaboró un diagnóstico inicial con la finalidad de identificar la problemática que se viene presentando en la empresa de construcción de estructuras prefabricadas, con relación al histórico de accidentes reportados al sector salud, de acuerdo a esto, se utilizó la metodología HAZOP y Árbol de fallos, esta última, apoyada en un análisis probabilístico y simulación Montecarlo. Los resultados obtenidos fueron de índole cualitativo y cuantitativo, logrando así, un análisis riguroso de variables, resultando en un plan de acción estratégico, con impacto de medio y largo plazo.

AGRADECIMIENTOS

A mi Madre: por ser la base en la cual me he sostenido para triunfar...
A mi hermano Sergio y mi hermana Norma que hemos compartido el amor más grande que he conocido, que me han apoyado infinitamente a lo largo de mis éxitos y fracasos.
¡Muchas gracias por estar conmigo familia!

A ti Biridiana que me apoyaste a dar un paso más en mi carrera profesional.
A mis hijas, que son la bendición que me dio esta vida y por la comprensión del tiempo que no estuve con ellas.

A mis revisores y maestros: por el apoyo, los conocimientos, la paciencia, la entrega y por todo lo que me enseñaron en las aulas que me ha ayudado a ser una mejor persona.

A todos los Mexicanos que a través del Gobierno Federal me han brindado el apoyo económico para llevar a cabo mi formación, y que les retribuiré los frutos, toda la vida.
Gracias.

Contenido

Introducción.....	1
i. Descripción del problema.....	1
ii. Hipótesis.....	2
iii. Variables de estudio.....	3
iv. Objetivos.....	4
v. Alcances y limitaciones.....	4
vi. Justificación.....	5
Capítulo 1. Fundamentos.....	6
1.1 Análisis del estado del arte.....	6
1.2 Marco teórico.....	14
1.2.1 Elementos prefabricados pretensados.....	14
1.2.2 Planeación.....	15
1.2.3 Riesgo.....	16
1.2.4 Medición del riesgo.....	17
1.2.5 Análisis de riesgo.....	18
1.2.6 Control.....	23
1.2.7 Inspección en el lugar de trabajo y aplicación de normativa.....	23
1.2.8 Costo de prevención.....	24
1.2.9 HAZOP.....	26
1.2.10 Árbol de fallos y errores.....	29
1.2.11 Simulación Montecarlo.....	32
1.2.12 Análisis probabilístico.....	33
1.2.13 Diagrama de Pareto.....	34

1.2.14	Organización del trabajo.....	35
1.2.15	Sector público y privado en la seguridad e higiene.	38
1.2.16	Legislación y normativa.	40
1.3	Marco contextual.....	43
1.3.1	Industria de la construcción y la economía mexicana.	43
1.3.2	Cadena productiva	45
1.3.3	Sector construcción en el Estado de México	46
Capítulo 2.	Metodología.....	49
2.1	Tipo de estudio.....	49
2.2	Definición conceptual de variables de estudio.....	51
2.3	Descripción del sistema.....	52
2.4	Selección del escenario problemático.	53
2.5	Análisis cualitativo.....	54
2.6	Análisis cuantitativo.....	54
2.6.1	Muestra probabilística.....	56
2.7	Análisis de resultados.....	56
2.8	Plan estratégico para mitigar el riesgo.	56
Capítulo 3.	Resultados.....	57
3.1	Resultados del diagnóstico inicial.....	57
3.1.1	Resultados de la variable “capacitación”	62
3.2	Resultados para el escenario problemático.	64
3.3	Resultados del método cualitativo HAZOP	66
3.3.1	Resultados de las variables “actos y ambientes inseguros”	76
3.4	Resultados del método cuantitativo Árbol de fallas.....	78

3.4.1	Análisis de la situación actual de la red de energía eléctrica.....	80
3.4.1.1	Descripción de la instalación.....	80
3.4.1.2	Definición del objetivo del estudio.....	82
3.4.1.3	Elaboración del árbol de fallos.....	82
3.4.1.4	Cálculo de probabilístico del suceso TOP.....	85
3.4.1.5	Cálculo estadístico del suceso TOP.....	87
Capítulo 4.	Planeación de la propuesta de mejora.....	89
4.1	Propuesta de mejora de la red de energía eléctrica.....	89
4.1.1	Descripción de la instalación.....	89
4.1.2	Definición del objetivo del estudio.....	91
4.1.3	Elaboración del árbol de fallos.....	91
4.1.4	Cálculo probabilístico del suceso TOP.....	95
4.1.5	Cálculo estadístico del suceso TOP.....	97
4.1.6	Resultados de la variable riesgo.....	101
4.2	Planeación estratégica.....	102
Capítulo 5.	Conclusiones.....	106
Bibliografía.	102

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla I.	Riesgo de trabajo por ambiente inseguro 2011.....	2
Tabla II.	Casos de accidentes por riesgo de trabajo. Periodo 2006-2011.....	2
Tabla 1.1	Fases de la secuencia de un accidente.....	21
Tabla 1.2.	Formato para análisis estratificado de riesgos.....	23
Tabla 1.3.	Definiciones para HAZOP.....	29
Tabla 1.4.	Palabras guía utilizadas en HAZOP.....	29
Tabla 1.5.	Simbología para el Método Árbol de Fallos.....	31

Tabla 1.6. PIB estimado.....	44
Tabla 1.7. Cadena productiva.	45
Tabla 1.8. Clasificación laboral por sector económico en el Estado de México.	46
Tabla 3.1. Accidentes reportados por la empresa al IMSS en 2011.	58
Tabla 3.2. Clasificación de accidentes.	59
Tabla 3.3. Análisis FODA	61
Tabla 3.4. Clasificación de accidentes, por incumplimiento de NOM específica.	63
Tabla 3.5. Clasificación de accidentes por área de incidencia.....	64
Tabla 3.6. Variables consideradas para el estudio HAZOP.....	69
Tabla 3.7. Definición de las palabras guía.	70
Tabla 3.8. Desarrollo de Metodología HAZOP para mesa de trabajo de presfuerzo.	71
Tabla 3.9. Resultados de variables del estudio HAZOP.....	77
Tabla 3.10. Propiedades del algebra de Boole.....	79
Tabla 3.11. Tasa de fallo de los elementos de la red eléctrica situación actual.....	82
Tabla 3.12. Grupos de corte de la Simulación Montecarlo, situación actual.	88
Tabla 4.1. Tasa de fallo de los elementos de la red eléctrica, propuesta de mejora.	92
Tabla 4.2. Grupos de corte de la Simulación Montecarlo, propuesta de mejora.	98
Tabla 4.3. Resultados de análisis de riesgo del árbol de fallos de la situación actual y propuesta de mejora.....	100
Tabla 4.4 Plan de acción.....	103
Tabla 5.1. Porcentaje de reducción de riesgo de acuerdo a variables de estudio.	107

ÍNDICE DE GRÁFICAS

Gráfica 1.1. Accidentes de trabajo.....	47
Gráfica 1.2. Incapacidades de trabajo.....	47
Gráfica 3.1. Importancia de la causa de accidentes de acuerdo a clasificación.....	59
Gráfica 3.2 Índice de accidentes por falta de capacitación.....	62
Gráfica 3.3. Representación de Tabla 3.1	64

Gráfica 3.4. Áreas de incidencia de accidentes	65
Gráfica 3.5 Representación de Tabla 3.9	77
Grafica 4.1 Índice de riesgo.	102

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Ciclo Riesgo-Accidente.....	10
Figura 2.1. Metodología de trabajo.....	50
Figura 2.2. Análisis preliminar	53
Figura 3.1. Mesa de trabajo de presfuerzo.	67
Figura 3.2 Metodología para evaluación de árbol de fallos.....	80
Figura 3.3. Diagrama unifilar de la situación actual.....	81
Figura 3.4. Árbol de fallos, situación actual.	84
Figura 4.1. Diagrama unifilar de la propuesta de mejora	90
Figura 4.2. Árbol de fallos, propuesta de mejora.....	93
Figura 4.3. Esquema de transferencia 1, del árbol de fallos propuesta de mejora.....	94

Introducción

i. Descripción del problema.

El alto índice de accidentes reportados al Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS) por parte de sectores de gran importancia económica para el país, como lo es el de la construcción, causa una preocupación que llama la atención de distintas instancias, para intentar controlar este problema. Si bien es cierto, descentralizaciones como la Secretaria de Trabajo y Previsión Social (STPS) realiza esfuerzos por establecer reglamentación que obligue tanto a trabajadores y patronos a cumplir ciertas normas, para disminuir el riesgo de incurrir en accidentes por actividades profesionales, que son indispensables para producir un bien o servicio y que debido a este puedan causar algún daño importante, estos intentos no han sido suficientes ya que la tasa de ocurrencia sigue creciendo.

Un motivo por el cual las constructoras de obra civil descuidan la seguridad e higiene es debido a la competencia que existe en el mercado para obtener la mayor cantidad de contratos; por mostrar competitividad y atractivas propuestas, escatiman en gastos que conlleva la implementación de esta. El costo que genera su desatención, es elevado ya que no solo tiene que ver con la pérdida de producción, sino también con posibles multas por incumplimiento de la normativa vigente de seguridad e higiene.

La Tabla I, proporciona una visión más amplia de las causas de accidentes, y muestra los motivos por los cuales se ha incurrido en ellos dentro de la empresa, la clasificación es riesgo de trabajo, según riesgo físico que tiene que ver con el entorno del área de trabajo, las cifras corresponden a nivel nacional.

Se puede apreciar que de los 536 mil 322 accidentes de planta en el 2011, el 90.7% de éstos se tienen identificados, pero no se ha realizado acción alguna para evitarlos ya que la tasa de incidencia sigue creciendo de acuerdo a los datos que presenta el IMSS en La Tabla II.

Tabla I. Riesgo de trabajo por ambiente inseguro 2011

Riesgo Físico	2011		
	Total ⁽¹⁾	Hombres	Mujeres
Total	536 322	354 773	175 967
Métodos, materiales o procedimientos peligrosos.	157 694	118 884	38 810
Peligros públicos.	114 537	68 607	45 930
Defectos de los agentes.	100 676	58 016	42 660
Peligros por la colocación.	38 530	27 706	10 824
Peligros del medio ambiente.	33 915	23 183	10 732
Peligros ambientales de trabajo a la intemperie, diferentes a los peligros públicos.	13 254	8 262	4 992
Protegido inadecuadamente.	10 611	8 073	2 538
Peligros de indumentaria y vestido.	9 946	8 088	1 858
Sin riesgo físico.	28 757	17 841	10 916
No especificado	28 402	16 113	6 707

(1) El total para 2011 incluye sexo no especificado

Fuente: DPM/ División de Información en Salud (DIS) - ST-5,SIMF y SISAT (2011)

Tabla II. Casos de accidentes por riesgo de trabajo. Periodo 2006-2011

2006	2007	2008	2009	2010	2011
387827	450102	506934	489787	506528	536322

Fuente: http://www.imss.gob.mx/sites/all/statics/pdf/estadisticas/memoria/2011/06_SaludTrabajo.xls.

Como primera apreciación, los accidentes pudieron evitarse si las medidas de seguridad e higiene que dicta la normativa se estuvieran aplicando, o al menos la Norma Oficial Mexicana 001 (NOM 001), la Norma Oficial Mexicana 026 (NOM 026) y la Norma Oficial Mexicana 017 (NOM 017) de la STPS debido a que éstas contienen la reglamentación para la solución a estos problemas. Podría ser aventurado afirmar que la información que actualmente tienen los empleados acerca del uso de equipo de protección y la debida señalización de las áreas de riesgo no es la adecuada, o incluso que en el sector de la construcción el cumplimiento de la normativa fuera deficiente, pero como primera impresión esto podría ser cierto.

ii. Hipótesis

La alta tasa de accidentes de una empresa de pre-fabricados se debe a la falta de aplicación de la normatividad de seguridad e higiene en las instalaciones, si se empleara por lo menos la NOM-001-STPS-2008 referente a edificios, locales, instalaciones y áreas en los centros de trabajo-condiciones de seguridad, así como la NOM-026-STPS-1998 colores y señales de seguridad e higiene, e identificación de riesgo por fluidos conducidos en tuberías y la NOM-017-STPS-2008 equipo de protección personal, selección, uso y manejo en los centros de trabajo, es posible reducir un 40% del riesgo en las actividades laborales.

iii. Variables de estudio

VARIABLES INDEPENDIENTES

- Actos y ambiente inseguros.
- Capacitación.

VARIABLES DEPENDIENTES

- Riesgo.

iv. Objetivos

Objetivo general

Desarrollar un estudio de riesgo que permita identificar las desviaciones del diseño original de la planta, así como las deficiencias de seguridad e higiene para disminuir la tasa de incidencia en empresas de construcción de prefabricados utilizando herramientas de planeación y control cualitativas y cuantitativas.

Objetivos específicos

- Identificar y reducir situaciones de riesgo laboral en el ramo de construcción de prefabricados tomando como base la normatividad propuesta en la hipótesis de este estudio.
- Identificar áreas de mayor riesgo laboral para generar acciones que solucionen el problema.
- Impulsar el cumplimiento de seguridad e higiene en los diferentes departamentos de producción de mayor riesgo, a través de planeación de estrategias que permitan informar y formar cultura de prevención.

v. Alcances y limitaciones

- El desarrollo de este estudio estará basado en la NOM-001-STPS-2008, y en sus referencias a la NOM-026-STPS-1998 así como la NOM-017-STPS-2008.
- Dependerá de la empresa en estudio la aplicación de la norma en sus instalaciones.
- El acceso a determinadas áreas para su estudio estarán regidas por la empresa.
- Elaboración de diagnóstico de la situación actual de la empresa y posible solución de su problemática en seguridad e higiene.

vi. Justificación

El cumplimiento de la normatividad que ayuda a implementar la seguridad e higiene es de gran importancia en nuestros días, y para esto se requiere de un proceso que requiere amplios conocimientos. La aplicación eficaz de los recursos evitaría los accidentes e informaría de manera eficaz a los involucrados en el trabajo de planta, la manera correcta de conducirse para reducir el riesgo de participar en alguna actividad que conlleve peligro. Se pretende que a través de un estudio meticoloso de riesgo en donde intervienen tres metodologías, se pueda identificar las condiciones de trabajo en un enfoque técnico-científico para determinar las soluciones a la problemática, con lo cual es posible que exista la sugerencia de cambios en algunos puntos del

proceso de alguna de las áreas de estudio, esto con el fin de reducir el riesgo, que es el motivo de este estudio. Se tiene contemplado que de acuerdo a la hipótesis establecida es posible comunicar de una forma simple y rápida los riesgos a los que están expuestos los trabajadores, puesto que estas contienen información básica que una empresa debe observar.

Se eligió el sector de la construcción porque según el Instituto Nacional de Estadística, Geográfica e Informática (INEGI) utiliza diversos insumos provenientes de otras industrias como el acero, hierro, cemento, arena, cal, madera, aluminio, etc., por lo cual es uno de los principales motores de la economía del país ya que beneficia a 66 ramas de actividad a nivel nacional. Así mismo, reportó que del periodo de 1998 a 2008 este sector creció poco más del 80%. (INEGI, 2012).

Debido a las actividades económicas que dependen de este sector, es imprescindible realizar acciones para que el bienestar de sus elementos no se vea disminuido y siga con la tendencia de crecimiento que se ha venido observando en los últimos periodos.

Capítulo 1. Fundamentos.

1.1 Análisis del estado del arte.

La seguridad e higiene es un tema que a pesar de tener un seguimiento especializado y constante en su legislación y adaptación a los centros de trabajo, no ha tenido cabida en todos ellos, esto debido a que no se presta especial interés en el cuidado de la vida. Menciona Pontelli (2010), que en el ámbito empresarial, la investigación de los siniestros que ocurren se enfoca en el análisis de lo sucedido, examinando factores técnicos y administrativos, pero las causas básicas que desencadenan el siniestro solo son estudiadas superficialmente y es ahí en donde radica el verdadero problema.

El análisis del área de trabajo ayudará a identificar las acciones y ambientes inseguros, solo así será posible generar una propuesta para reducir el riesgo de vernos involucrados en actos que conlleven peligro y ponga en riesgo nuestra integridad.

González Montalvo (2002), citado por Manduca (2008), en su trabajo aplicación informática para la evaluación de riesgos industriales en Venezuela, menciona que la prevención de los riesgos industriales debe tener como fin: integrar la prevención de riesgos a toda la organización y que así mismo forme parte de todas las políticas y estrategias de la empresa, esto ya que, no solo los puestos operativos tienen la obligación y necesidad de cumplir, sino la dirección tiene una amplia responsabilidad con el ambiente laboral. Por lo cual, controlar los riesgos laborales y sobre todo, conseguir la participación efectiva de los trabajadores para la mejora continua de los sistemas, condiciones de trabajo en sus puestos; y que se consiga la aplicación de la gestión de prevención de riesgos laborales, es imprescindible si se quiere lograr la prevención. Bajo este esquema parte Manduca, diseñó una aplicación de software, en donde, a través de la introducción de datos como la existencia de algunos elementos presentes en la planta de estudio, esta aplicación informa de la cuantificación de los riesgos presentes basándose en la reglamentación de Venezuela, y otras normativas de seguridad. Este programa podría ser de gran apoyo si se continuara con el desarrollo y complementación para normativas como la de

nuestro país puesto que la metodología propuesta sirve para la determinación de un indicador de riesgos industriales como un método preventivo e inductivo.

En un análisis de confiabilidad utilizando árbol de fallos, Gómez (2009), indica que para realizar un análisis de los datos es necesario obtener el modelo que mejor describa el comportamiento de estos, por tal motivo se debe realizar un ajuste a los datos de tiempos para salida y tiempos para reparación del componente de modo que se puedan obtener las funciones de probabilidad. Esto ayudaría a reducir la tasa de fallos de los elementos y con ello controlar posibles desastres.

Constructora Estructplan (2000), en Argentina, publicó un artículo en donde clasifica algunos de los agentes ambientales y riesgos, así como daños a la salud causados por las actividades laborales en el sector de la construcción. Por ejemplo esta la Neumoconiosis causada por la exposición de partículas de polvo, sordera profesional, estrés térmico e incluso fotoqueratitis causada por la exposición excesiva a los rayos UV. Todas estas pueden ser evitadas con la protección de seguridad adecuada e incluso señalamientos informando del equipo que se tiene que utilizar.

Por su parte Russo (2012), en un estudio de riesgos en la construcción se realizó la pregunta “¿Se pueden fijar metas realistas para el mejoramiento de la Higiene y Seguridad en la Industria de la Construcción?” Argumenta que los accidentes no son hechos que surgen de la nada y además que la falta de conocimientos no son una excusa. Aún más si la normativa es actualizada por el organismo rector y se sabe cuáles son los peligros y cómo controlarlos, por lo tanto es factible su reducción, entonces, con relación a los mandos directivos, a ellos les compete la administración de los recursos que se necesiten para que la seguridad e higiene sea cumplida, esto sin dejar a un lado la obligación que tiene el empleado de seguir al pie de la letra las indicaciones de los señalamientos y equipo de protección necesaria así como de la información para conservar la integridad. La seguridad e higiene es una responsabilidad conjunta entre trabajadores y patrón y del cumplimiento de la misma depende incluso la vida.

Por ley, la empresa tiene que tener instalada una comisión de seguridad e higienes la cual debe acatar cierta reglamentación, esta será la encargada de administrar todos los eventos, capacitaciones y en general las actividades encaminadas para un mejor desarrollo laboral en materia de seguridad dentro de la empresa, así mismo, López (2006), comentaba acerca de este problema en Argentina, porque al no tener una comisión definida en las empresas, lamentablemente es hasta los juicios laborales, donde se ven las consecuencias de no contar con ella y son los jueces, en ausencia de contratos, los que fijan las responsabilidades en forma simultánea tanto para los comitentes como para los contratistas, las cuales se traducen en determinar quién o quiénes son los responsables del pago de las sumas correspondientes a las indemnizaciones por la ocurrencia de los accidentes de trabajo. Por lo cual la comisión que tome la responsabilidad es necesaria. Coincide en que el sector de la construcción es, una de las actividades que mayor cantidad de accidentes de trabajo genera en relación al personal que trabaja dentro de ella. Y que además esto también se presenta en la mayoría de los países del mundo, sean estos industrializados o no, desarrollados o en vías de desarrollo, ricos o pobres, etc.

Con relación a esto Solís (2006), encontró que por lo general la empresa constructora no suele asumir la obligación de brindar las condiciones de seguridad y salud a los trabajadores de los subcontratistas; tampoco se hace cargo de la seguridad social de los trabajadores que son empleados por los subcontratistas.

Por ejemplo, un trabajador que está habilitando el acero de refuerzo, además de exponerse al riesgo contenido en su trabajo, por estar manipulando materiales pesados y estar utilizando una máquina para hacer dobleces o cortes, puede estar expuesto al riesgo de respirar aserrín y de estar sometido al ruido de la sierra, si trabaja suficientemente cerca de los carpinteros.

Se considera que la exposición al riesgo varía en función de tres factores: la concentración de la exposición, la duración de la tarea y la frecuencia de la misma. Reduciendo cualquiera de los tres factores es posible disminuir la exposición al riesgo. Dado que la exposición es intermitente, los controles administrativos que se basan en reducir la duración o frecuencia de

la exposición son menos prácticos en la construcción, que en otras industrias. Por consiguiente la manera más eficaz de reducir la exposición, en las obras, consiste en reducir la concentración.

Por otra parte, hacer uso de prácticas que se utilizan en algunas empresas, que aunque no son del mismo ramo, pueden ser aplicadas, tal es el caso de la empresa Vidriería de Monterrey SA de CV que se conducen mediante las inspecciones Integrales, y les ha resultado un formato práctico, efectivo y funcional en el cual se integran los estándares críticos a revisar de algunos sistemas como: BPM (Buenas Prácticas de Manufactura); HACCP (Riesgos en los productos desde el punto de vista salud); Seguridad y Salud, Calidad, Ecología (Medio Ambiente) y Lean Manufacturing en lo referente a 5´S, esto lo realizan mediante formatos en donde se busca estandarizar las actividades del personal. Con esto se logra no solo tener calidad en la producción sino también la seguridad del personal y el cuidado adecuado en las instalaciones con la combinación de 5´S. (Rosas, 2011).

Carbajal et. al (2009), propone una metodología (Figura 1.1), para llevar a cabo un análisis de los accidentes. Este proceso se denominó “*ciclo riesgo-accidente*”, el cual consta de cinco pasos básicos que son: reglamentación, formación, evaluación de riesgos, prevención de riesgos y análisis de accidentes.

Está estructurada en diversas fases: Recopilación de la documentación, análisis y clasificación, elaboración de árboles de evolución, comenta que es importante la unificación de criterios y clarificación de términos con el fin de establecer una nomenclatura adecuada.

En México Arreola et. al (2012), comenta que el conjunto de reglas y normas relacionadas con la seguridad industrial conlleva aspectos como: Tener una área libre de contaminantes y en ordenanza, esto es un requisito muy importante para poder tener una adecuada prevención de riesgos en el caso de los empleados tienen que notificar de alguna situación que pueda representar un peligro con consecuencias como accidente laboral. Concluye además en que las leyes por si solas no bastan para evitar accidentes sino que es un conjunto de factores los que influyen para evitar los riesgos como por ejemplo las normas que establece cada organización

con base a sus necesidades, hay que tener claro que si se da seguimiento a los casos, es decir se analiza de fondo las causas y posibles variaciones, podríamos proponer soluciones, y si el trabajador sigue las normas será mínimo el riesgo de tener un accidente laboral.

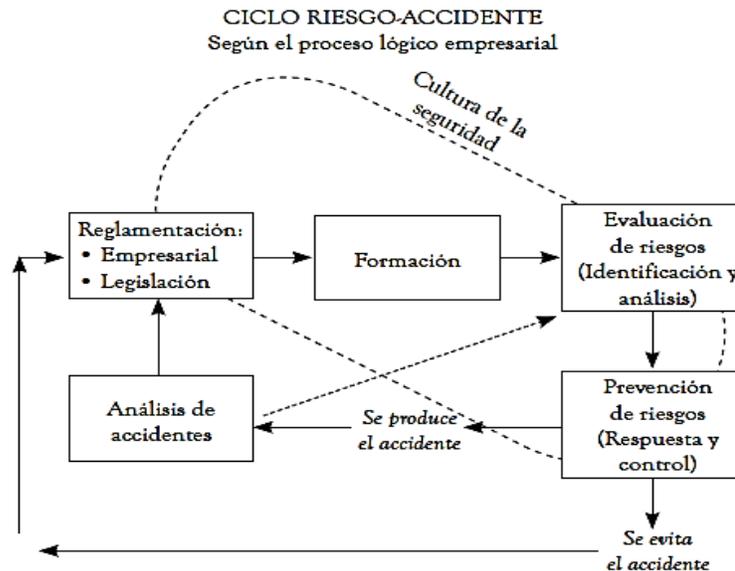


Figura 1.1 Ciclo Riesgo-Accidente.

Fuente: Carbajal et. al. (2009)

Dependiendo del entorno a trabajar es como serán aplicadas las consideraciones, por ejemplo la gran mayoría de las empresas utilizan energía en forma eléctrica, por lo cual un estudio de confiabilidad puede resultar imprescindible para el correcto desarrollo de las actividades, Segismundo (2009), reporta algunas consideraciones a tomar cuando se está trabajando con estimación de confiabilidad eléctrica, con la finalidad de prevenir fallos, y menciona se debe considerar la probabilidad de que exista una parada forzada en una unidad generadora, como consecuencia de un fallo. El hecho de considerar solamente las paradas asociadas a eventos de fallos, conduce directamente a un indicador de la confiabilidad técnica de las unidades y por extensión de la facilidad en estudio. Es así, como delimitando el contexto del problema podemos aplicar las correcciones necesarias, sin que esto implique extender las complicaciones.

Por otro lado, Castro (2010), en su investigación descubrió que los sectores más afectados con relación a seguridad, son la construcción y la minería. Se identificaron además cinco (5) escenarios principales donde ocurrieron los accidentes fatales:

1. Contacto directo del trabajador con la línea eléctrica de potencia (28%).
2. Contacto directo del trabajador con algún equipo energizado (21%).
3. Contacto de grúa u otro tipo de camión que posee barra de extensión (boom) con línea eléctrica energizada (18%).
4. Equipo impropriamente instalado o equipo dañado (17%).
5. Contacto indirecto, a través de un equipo, con una línea eléctrica energizada (16%).

Una vez identificado esto la confiabilidad puede ser medida a través de índices de desempeño, el cual tiene dos orientaciones diferentes: el registro de eventos pasados y la probabilidad de ocurrencia de nuevos eventos. Las empresas de servicio eléctrico normalmente llevan un registro estadístico de los eventos pasados, con los cuales pueden evaluar el desempeño de sus sistemas y algunos indicadores económicos como el valor de la energía no suministrada. La predicción de los índices de confiabilidad pretende determinar el comportamiento que tendrá la red, basado en el desempeño pasado y ayudar en la toma de decisiones sobre modificaciones de elementos de la red.

Por el lado de los consumidores de energía Toro (2011), menciona que la ubicación óptima de elementos de protección en sistemas de distribución cobra un interés cada vez mayor para las electrificadoras, pues al involucrarlos como solución a problemas de operación, se obtienen como beneficios minimizar el riesgo de daños en los equipos del sistema, mejorar los indicadores de confiabilidad, la calidad del servicio prestado a los clientes, y ocasionan un incremento en la facturación para las empresas electrificadoras debido a la mejora en la continuidad del servicio.

Ahora bien, las empresas tienen la obligación de realizar estudios que le permitan validar las desviaciones del diseño original de la planta. Krishnan (2005), en su trabajo menciona que

HAZOP es una técnica de identificación de riesgos que considera al sistema de forma individual y metódicamente examina los efectos de desviación. A veces un riesgo serio involucrará una interacción entre varias partes del sistema. En estos casos el riesgo puede necesitar ser estudiado en mayor detalle con técnicas como el árbol de eventos o el análisis de Árbol de Fallos. Como con cualquier técnica para la identificación de riesgos, no puede haber ninguna garantía de que todos los riesgos se identificarán en un estudio de HAZOP, por lo cual este debe usarse junto con otras técnicas convenientes.

El éxito de un estudio de HAZOP depende grandemente de la habilidad y experiencia del líder del estudio así como el conocimiento, experiencia e interacción de miembros del equipo.

En un estudio realizado por Bedolla (2008), después de un análisis de modo de falla, concluye que, es posible predecir una posible contingencia (fallo de uno o más de un componente en el sistema) y las alternativas para resolverlo. Además, es posible estimar los recursos necesarios para resolver las contingencias, el sistema tiempo de la restauración y la importancia fracaso.

Existen varios métodos de análisis de riesgo y cada investigador decide su aplicación dependiendo de las variables de estudio que desee resolver, no todas nos conducen a resultados óptimos, como encontró Zapata (2006), el aplico la metodología de simulación de Montecarlo por ser flexible para realizar valoración de confiabilidad de subestaciones eléctricas pues permite incorporar diversos modelos probabilísticos para los componentes, modelos horarios para la demanda, análisis de costos y muchos otros aspectos operativos (deslastre, reconfiguración, etc.) que son muy difíciles de incluir en las técnicas analíticas.

Más sin embargo concluye haciendo hincapié en algunos puntos a verificar y realiza comparación con la técnica simplificada de bloques de frecuencia y duración que lleva a resultados muy alejados de los que se obtienen con un modelamiento detallado utilizando la técnica de simulación de Montecarlo. Por lo tanto, no recomienda la aplicación de dicho método sin antes verificar que las hipótesis realmente se cumplen.

Fuentealba (2012), al respecto menciona que la aplicación de la evaluación de riesgos ha estado sujeta a mucho debate, particularmente, debido a problemas relacionados con la incertidumbre, supuestos y a las pocas oportunidades para incorporar información pública en el proceso, lo que ha producido desconfianza del público en el proceso de evaluación. También en su trabajo menciona que la evaluación de riesgos se divide en cuatro pasos analíticos: la identificación de peligros (emisiones), la evaluación de exposición, la evaluación dosis-respuesta y la caracterización del riesgo.

En una entrevista realizada a Sarazola (2005), acerca de actividades laborales, aseguraba que se requiere capacitación en seguridad e higiene laboral y conocimientos específicos según la tarea; por ejemplo, en operación de maquinaria (motosierras, procesadores, operadores de podas, etc.).

Al respecto López (2010), citando a La agencia de noticias Notimex 2007, señala que según la estadística de la Secretaría de Trabajo y Previsión Social (STPS), los riesgos de trabajo más frecuentes ocurren a los empleados cuyo rango de edad va de los 20 a los 24 años. También destaca que los lapsos de antigüedad en el trabajo en los que ocurre el mayor número de accidentes es en las personas que llevan laborando entre uno y cuatro años (95 mil 642 casos) y quienes llevan de uno a seis meses (83 mil 506 casos). Conforme a la información, se infiere que la experiencia laboral contribuye de manera importante a disminuir el índice de accidentes, pues a partir del quinto año de labores y hasta los 25, las cifras bajan de manera considerable, hasta llegar a los 4,200 casos entre quienes llevan laborando de 20 a 24 años, independientemente del rango de edad en la que se encuentren las personas accidentadas.

Hasta aquí, se pueden observar algunos casos que ayudan a identificar, cual es la problemática encontrada en el desarrollo de estudios de análisis de riesgos, con relación a la seguridad industrial, factores como la desatención de mantenimiento, uso y capacitación acerca del equipo de seguridad han tenido impactos importantes en la salud de los trabajadores.

Si se observa a los procedimientos de seguridad e higiene como inversión, se cambiaría de forma favorable, la estadística de accidentes que actualmente se tiene en la industria de la construcción, que es el sector de interés para este estudio.

1.2 Marco teórico

1.2.1 Elementos prefabricados pretensados.

Es un hecho que los métodos constructivos del futuro van a estar basados en la prefabricación. Estos nacen con las producciones en serie y viéndose favorecidos con la aparición del presfuerzo, de tal modo que al producir piezas o elementos prefabricados presforzados (pretensados o postensados) su aplicación ha sido creciente. Hay campos de la construcción en donde estos métodos prácticamente son los únicos que se utilizan, por ejemplo, en viaductos, puentes vehiculares, puentes peatonales; también se aplica en tanques de almacenamiento, techumbres en naves industriales, en losas de entrepiso y azotea, en viviendas de interés social, interés medio, edificios de oficinas y centrales de abasto, entre otros.

El término pretensado se usa para describir el método de presfuerzo en el cual los tendones se tensan antes de colar el concreto. Se requiere de moldes o muertos (bloques de concreto enterrados en el suelo) que sean capaces de soportar el total de la fuerza de presfuerzo durante el colado y curado del concreto antes de cortar los tendones y que la fuerza pueda ser transmitida al elemento. La mayoría de los elementos presforzados se fabrican en serie dentro de plantas con instalaciones adecuadas, donde se logra la reutilización de moldes metálicos o de concreto y se pueden presforzar en una sola operación varios elementos. Los elementos pretensados más comunes son viguetas, trabes, losas y gradas, aplicados edificios, naves, puentes, gimnasios y estadios principalmente. El curado de los elementos se realiza con vapor de agua cubriéndolos con lonas. La acción del presfuerzo en el concreto es interna ya que el anclaje se da por adherencia. Las trayectorias del presfuerzo son siempre rectas y en moldes adaptados es posible hacer desvíos para no provocar esfuerzos excesivos en los extremos (ANIPPAC, 2010)

1.2.2 Planeación

El aporte de diversos autores con relación a la planeación es inmenso, frases célebres como la de Confucio “Un hombre que no planea a futuro, encontrara problemas a su puerta” habla de las dificultades que se podría enfrentar al no tomar las decisiones correctas por este tema.

Al respecto Robbins y Coulter (2010), mencionan que la planeación implica definir los objetivos de una organización, establecer una estrategia global para lograr estos objetivos y desarrollar planes para las actividades laborales de la organización. Los cuatro propósitos de la planeación son dar dirección, reducir la incertidumbre, minimizar el desperdicio y la redundancia y establecer los objetivos o estándares utilizados en el control.

Bajo este contexto, se busca de mejores alternativas para disminuir las probabilidades de tomar decisiones erróneas, y hacer uso correcto de los recursos con los que se cuenta o que habrá de solicitarse, sin que esto implique un derroche de factores económicos y humanos. La participación de todas las personalidades de la empresa impactará de forma positiva a la misma. Esta última debido a que es la entidad responsable en un alto porcentaje de las condiciones de seguridad que afectan de forma continúa a todos los trabajadores y sociedad en general.

Gran parte del éxito administrativo dice Munch (2006), depende de la determinación exacta de los resultados que se pretende obtener, así como del análisis del entorno para prever el escenario futuro, los riesgos y las oportunidades, los recursos y las alternativas óptimas que se requieren para lograr dichos resultados. Todas esas actividades se realizan a través de la planeación, en la que se trata no solo de predecir el camino que habremos de transitar sino también de anticipar su rumbo minimizar riesgos y, si es posible, mejorar las condiciones futuras. De esta forma la planeación, es una actividad clave para cualquier empresa en que la aplicación de los principios de factibilidad, objetividad, cuantificación, flexibilidad, unidad y cambio de estrategias es imprescindible para planear correctamente las actividades de la organización. De acuerdo con el nivel jerárquico en el que se realice, con el ámbito de la organización que abarque y con el periodo de tiempo que comprenda, la planeación puede ser:

1. **Estratégica.** La realizan los altos directivos, para establecer las directrices y los planes generales de la organización; generalmente es a mediano y largo plazo y abarca toda la empresa.
2. **Táctica.** Es responsabilidad de los gerentes o jefes de área, con el fin de lograr el plan estratégico; se refiere a un área específica de la organización y puede ser a mediano y a corto plazo.
3. **Operacional.** Es a corto plazo, depende de la planeación táctica y se realiza como su nombre lo indica, en niveles de sección u operación.

1.2.3 Riesgo.

El riesgo ha sido estudiado por diversas disciplinas, en sus diferentes contextos, Casal Et. al (1999), menciona algunas. “situación que puede conducir a una consecuencia negativa no deseada en un acontecimiento” o bien, “probabilidad de que suceda un determinado peligro potencial” (entendiendo por peligro una situación física que puede provocar daños a la vida, a los equipos o al medio), o aun, “consecuencias no deseadas de una actividad dada, en relación con la probabilidad de que ocurra.

Desde el punto de vista más concreto de las actividades industriales, los riesgos pueden clasificarse en tres categorías:

- **Riesgos convencionales:** relacionados con la actividad y el equipo existente en cualquier sector (electrocución, caídas).
- **Riesgos específicos:** asociados a la utilización o manipulación de productos que, por su naturaleza, pueden ocasionar daños (productos tóxicos, radioactivos).
- **Riesgos mayores:** relacionados con accidentes y situaciones excepcionales. Sus consecuencias pueden presentar una especial gravedad ya que la rápida expulsión de

productos peligrosos o de energía podría afectar a áreas considerables (escape de gases, explosiones).

De estos tres tipos de riesgo, los dos primeros corresponden al trato clásico de la seguridad e higiene en el trabajo, y por su forma de actuar son en general relativamente fáciles de prever. Por el contrario, las características especiales de los riesgos mayores los convierten probablemente en la contingencia más temible. Actuando con una severidad a veces extrema, estos accidentes pueden tener una característica muy importante: la de ultrapasar los límites de la instalación e incidir sobre la población externa y sobre el medio ambiente.

1.2.4 Medición del riesgo.

En su libro de análisis de riesgos Mulet (2011), manifiesta que el objetivo del análisis de riesgos es aumentar tanto la seguridad como el servicio y rendimiento de un sistema, disminuyendo la frecuencia de los accidentes y aumentando así la disponibilidad del sistema.

El análisis de riesgos se aplica tanto al diseño de una nueva instalación o producto como a cualquier modificación de estos y a su construcción o reparación. Existen varios grados de análisis de riesgos según la complejidad y alcance del mismo y consisten en:

- La identificación del riesgo.
- El análisis de las consecuencias y daños.
- La cuantificación del riesgo como producto de la frecuencia del riesgo y los daños producidos que pueden ser analizados con diversas metodologías como árbol de fallas, método del árbol de sucesos, método del análisis de causas/consecuencias, entre otros.

En función de las necesidades de cada caso, el análisis de riesgos que se deberá aplicar podrá ser más o menos completo. Cuanta mayor necesidad haya de reducir la probabilidad de fallo, por la magnitud de las consecuencias de este, mayor alcance tendrá el análisis y menor será el

margen de error. Existen varios grados de análisis de riesgos según la complejidad y alcance del mismo:

- Identificación cualitativa simple.
- Aplicación de índices de riesgos muy elementales, poco precisos, pero para los que ya se requiere alguna estimación de consecuencias y frecuencias.
- Análisis de riesgos semi-cuantitativos en los que se estiman con amplio margen de error consecuencias y frecuencias de ocurrencia.
- Análisis de riesgos completos o cuantitativos, donde se aplica algún método de análisis cualitativo seguido por un estudio cuantitativo de cada riesgo. Por ejemplo, aplicando los métodos de árboles de fallos y árboles de sucesos.

1.2.5 Análisis de riesgo

Los métodos elaborados para determinar los riesgos que pueden afectar a cada elemento de un equipo, a un proceso químico o a cierta operación se denominan “análisis de riesgos”. En estos estudios se plantean preguntas como: “¿Qué puede ir mal?” “¿Podría ser grave?” y “¿Qué puede hacerse al respecto?” Los diversos métodos de llevar a cabo los análisis suelen combinarse para lograr una cobertura razonable, pero estos sistemas únicamente servirán de orientación o ayuda para que el equipo de analistas tome sus determinaciones. Las principales dificultades afrontadas en los análisis de riesgos son las siguientes:

- Limitaciones de los modelos y los cálculos;
- Materiales, montajes y procesos nuevos y desconocidos;
- Complejidad de los sistemas;
- Limitaciones de las pruebas prácticas;
- Disponibilidad de datos relevantes;
- Limitaciones de imaginación humana;

Para elaborar evaluaciones de riesgos útiles en estas circunstancias, es importante definir estrictamente el alcance y el nivel de “ambición” adecuado para el análisis en cuestión; por

ejemplo, es obvio que no es necesario disponer del mismo tipo de información a efectos de seguridad o de diseño, para la planificación de dispositivos de protección o para la construcción de sistemas de emergencia. En general, la determinación de los riesgos debe basarse en la combinación de técnicas empíricas (p. ej., estadísticas) con el razonamiento deductivo y la imaginación creativa.

Hay varias herramientas de evaluación de riesgos (incluso programas informáticos para el análisis de riesgos) que pueden resultar de gran utilidad. El estudio de riesgos y capacidad operativa (HAZOP) y modo de fallos y análisis de efectos (FMEA) son métodos utilizados habitualmente en la investigación de riesgos, especialmente en la industria química. El punto de partida del método HAZOP es el estudio de posibles situaciones de riesgo basándose en un conjunto de palabras de orientación; para cada situación se deben identificar las posibles causas y consecuencias. En una segunda fase se intenta encontrar los medios de reducir las probabilidades o atenuar las consecuencias de esas situaciones consideradas inaceptables. (Charsley, 1995)

En el método FMEA se plantea una serie de preguntas del tipo: “¿qué pasaría si...?” para detectar todos los componentes de riesgo posibles, determinar con precisión los tipos de modo de fallos que pueden producirse y determinar por último los efectos de estos fallos en el funcionamiento del sistema. Los árboles de fallos y de sucesos y los modos de análisis lógicos característicos de las estructuras de causalidad de accidentes y del razonamiento de probabilidad no son específicos en absoluto del análisis de riesgos de los equipos, ya que se trata de herramientas generales para evaluar los riesgos de los sistemas (Groenberg, 2013).

En la metodología para análisis y solución de problemas Salas et.al (2013) menciona como orientación importante que se debe apreciar los hechos de la realidad que no son deseados y provocan efectos negativos en la comunidad o sociedad. Recomienda para esto el uso de la técnica denominada “Árbol de problemas” ya que es un modelo explicativo y un esquema simplificado de la realidad, el cual se elabora mediante aproximaciones sucesivas de causas y efectos entorno a un problema, para lo cual se requiere seleccionar y definir el problema

principal, que sería el tronco del árbol. Es importante destacar que su efectividad dependerá de los participantes de su desarrollo. Con base a lo anterior identifica 6 pasos a seguir:

1. Identificar el problema central.
2. Examinar efectos del problema.
3. Identificar causas del problema.
4. Definir los medios para la solución.
5. Formular acciones para solucionar el problema.
6. Configurar alternativas viables y pertinentes.

Esto da como resultado un buen conocimiento del problema y el planteamiento de alternativas consideradas factibles.

Pontelli (2010), hace la observación que en todo proceso productivo es necesario identificar cuáles son los aspectos que, relacionados directamente con las metodologías operativas, generan ambientes peligrosos. El seguimiento y control de dichos aspectos debería permitir construir escenarios estables y seguros. En consecuencia, para comenzar el estudio se propone abordar los procesos en dos etapas:

1. Una aproximación expeditiva a los puestos de trabajo con el fin de conocer los distintos riesgos que allí se generan, y
2. Un barrido a lo largo de los distintos procesos, interconectando todas las operaciones que agregan valor a los productos y las actividades auxiliares, con el fin de identificar y evaluar los riesgos de las mismas.

Hay cuatro fases de la secuencia del accidente, los objetivos en cuanto a comportamiento de cada fuente de información sobre seguridad se corresponden o “encajan” de forma natural con las cuatro fases de la secuencia de un accidente y son representadas en la Tabla 1.1. (Mark, 2013).

En el estudio “Factores, indicadores y marcadores de riesgo en prevención laboral” con relación al riesgo, Niño (2000), menciona lo siguiente:

1. Los riesgos son intratables directamente y se requieren criterios y metodologías indirectas para acceder a ellos. La determinación de los factores de riesgo, junto con los marcadores e indicadores, nos permite ir de lo abstracto de los riesgos a lo concreto de las situaciones de trabajo, de lo no observable a lo observable, de lo cualitativo a lo cuantitativo, de lo general a lo particular. Ir a una prevención de los riesgos más que de los peligros.

Tabla 1.1 Fases de la secuencia de un accidente

Fase de la tarea en la secuencia del accidente				
	Previa a la tarea	Ejecución de tarea rutinaria	Condiciones de tarea anormales	Condiciones de accidente
Objetivos (de comportamiento)	Educar y convencer al trabajador de la naturaleza y el nivel del riesgo, de las precauciones, de las medidas paliativas y de los procedimientos de emergencia.	Enseñar o recordar al trabajador que utilice procedimientos seguros y tome precauciones.	Alertar al trabajador de la existencia de condiciones anormales. Especificar las acciones necesarias.	Indicar la ubicación de los equipos de seguridad y primeros auxilios, las salidas y los procedimientos de emergencia. Especificar los procedimientos paliativos y de emergencia.
Ejemplos de fuentes	Manuales de formación, vídeos o programas, programas de comunicación de peligros, fichas técnicas de seguridad, propaganda y retroinformación sobre seguridad	Manuales de instrucciones, ayudas para la ejecución del trabajo, listas de comprobación, procedimientos por escrito, señales y etiquetas de advertencia.	Señales de advertencia: visuales, sonoras y olfativas. Etiquetas, señales, barreras y bloqueos temporales	Señales, etiquetas y marcas con información sobre seguridad, fichas técnicas de seguridad

Fuente: Enciclopedia de Seguridad y Salud en el Trabajo (2013).

2. La prevención basada en la detección de incumplimientos o disconformidades, legales o técnicas, forma la parte más importante de la actualidad de la evaluación de riesgos, pero cada día en mayor medida aparecen muchos aspectos puntuales escasamente desarrollados, técnica o legalmente, que precisan de una intervención profesional especializada de alta cualificación.
3. La última y principal dimensión del análisis de los riesgos, como es el control de los mismos, requiere ganar criterios de actuaciones específicas simplificadas que vaya más allá de la mera detección de problemas o incumplimientos y se concentre en las propuestas de solución y en la elaboración de alternativas viables.
4. Una evaluación de riesgos en sus distintas formas y planteamientos debe ser didáctica y permitir, al menos, ver de una forma global o percibir todos los aspectos relevantes: los riesgos significativos analizados, los factores de riesgo detectados, los marcadores de riesgo considerados y los marcadores o evaluadores aplicados, junto con los criterios o fuente de identificación, evaluación y las principales propuestas de control.
5. Presenta así una propuesta metodológica de análisis estratificado de los riesgos, basada en los factores, indicadores y marcadores de riesgo respecto a la identificación, evaluación y control de los mismos, que sea común para todas las áreas técnicas y médicas de prevención de acuerdo a Tabla 1.2.

Un análisis correlacional, como lo dice López (2010) nos permitiría apreciar mejor de que dependen las variables de estudio, como lo muestra el estudio “Riesgos de trabajo en una planta maquiladora: un análisis longitudinal” en donde se encontró que la principal causa de riesgo de trabajo se presenta por la falta de concentración de los trabajadores en las tareas que desempeña, descuido en el manejo correcto de maquinarias y herramientas, y movimientos inadecuados en la operación de las mismas, estas causas generan malestares en la espalda y manos de los trabajadores. Sin embargo, falta precisar si los riesgos de trabajo están relacionados a factores externos.

Tabla 1.2. Formato para análisis estratificado de riesgos

Empresa:	Fecha de evaluación:		
Puesto de trabajo:			
Titulares:			
Riesgo evaluado:	(A) Factores de riesgo seleccionados	(B) Marcadores de riesgo propuestos	(C) Indicadores de riesgo detectados
1. Identificación de los riesgos.			
2. Resultados de la evaluación.			
3. Medidas de control.			

Fuente: MAPFRE Seguridad, Número 77, (2000)

1.2.6 Control.

El control de cualquier proceso es de gran importancia para las organizaciones, al respecto, Gutiérrez (2010), menciona que se debe acordar las acciones de control en tres niveles: proceso, documentación y monitoreo. A nivel proceso, se deciden acciones para asegurar las mejoras a través de cambios en los sistemas y estructuras que forman el proceso en sí, tratando de no depender de controles manuales y de vigilancias sobre el desempeño. A nivel documentación, se busca trabajar en mejorar o desarrollar nuevos documentos que faciliten el apego a los procedimientos estándar de operación del proceso. En cuanto al método de monitoreo del proceso hacerle los cambios necesarios para que aporte la evidencia de que el nivel de mejoras logrado se sigue manteniendo. Para el caso de este estudio, el control se realiza en los primeros niveles, proceso y documentación.

1.2.7 Inspección en el lugar de trabajo y aplicación de normativa.

La auditoría ha sido definida como “el proceso estructurado de recogida de información independiente sobre la eficacia, la eficiencia y la fiabilidad del sistema global de gestión de la seguridad y de elaboración de planes de acción correctora” (Successful Health & Safety Management 1991). Por tanto, la inspección en el lugar de trabajo no sólo es la fase final en la

institución de un programa de gestión de la seguridad, sino que también es un proceso continuo para su mantenimiento. Sólo puede llevarse a cabo allí donde se haya establecido un sistema adecuadamente diseñado que garantice la satisfacción del objetivo de dicho programa.

En este tipo de sistemas, el personal directivo concibe inicialmente una declaración formal de formulación de políticas en la que se determinan los principios para la creación de un entorno de trabajo seguro y sano y se señalan los mecanismos y las estructuras de la organización que permitirán la aplicación eficaz de dichos principios. Además, la dirección debe comprometerse con la prestación de los recursos adecuados, tanto humanos como financieros, para soportar el desarrollo de estos mecanismos y estructuras. A continuación se acometerá la planificación detallada de la salud y la seguridad y la definición de objetivos mensurables. Los sistemas son realizados de manera que puedan asegurar que el rendimiento en materia de salud y seguridad pueda estimarse en la práctica respecto a las normas establecidas y los resultados obtenidos con anterioridad. Sólo después de la instalación y el inicio de la actividad de esta estructura, puede aplicarse un sistema de auditoría de gestión eficaz.

Los sistemas completos de gestión de la salud y la seguridad pueden diseñarse, elaborarse y aplicarse sobre la base de los recursos de que disponen las grandes empresas. Además, existen varios sistemas de control de la gestión de seguridad que ofrecen consultores, compañías de seguros, organismos públicos, asociaciones y empresas especializadas. Cada compañía debe decidir si debe confeccionar su propio sistema o recurrir a servicios externos. Los resultados de ambas alternativas pueden ser excelentes si existe un compromiso auténtico por parte de la dirección con su aplicación diligente y su puesta en funcionamiento. Desde luego, el éxito de estos sistemas depende en gran medida de la calidad del sistema de auditoría (Linehan, 2013).

1.2.8 Costo de prevención.

Un factor muy importante para las empresas de construcción es el costo que implica la prevención de riesgos y al respecto, Carbajal (2011), propone un modelo matemático para la estimación de los costos de accidentes laborales en el sector de la construcción; éste busca

contribuir con la generación de conocimiento acerca de los beneficios que representa para las empresas invertir en prevención de riesgos laborales, desde el punto de vista económico como social.

Para los costos de prevención, se requiere de dos variables: el "presupuesto de la obra" y el "porcentaje de prevención". Y se realizan los siguientes pasos:

1. Determinación del presupuesto de la obra, el cual se obtiene directamente.
2. Estimación del porcentaje de prevención, a partir de la revisión de planes de seguridad y salud de diferentes tipos de obra; selección de los más representativos y extracción de valores máximo, mínimo.
3. Aplicación del porcentaje de prevención al presupuesto de la obra y obtención del valor de los costos de prevención.

$$PR = \beta_{ijk} * X$$

Siendo:

PR: costos de prevención

X: presupuesto de la obra

β_{ijk} : porcentaje de costos de prevención (i: pesimista; j: medio y k: optimista), para i, j y k respectivamente 1% mínimo; 1,5% promedio; 2% máximo.

La principal razón para justificar el diseño y desarrollo de un modelo para la estimación de costos de accidentes laborales en el sector de la construcción es el problema que representa para la gerencia determinar a priori la rentabilidad de invertir en prevención. Concluye diciendo que

el costo total de la siniestralidad de una obra es aproximadamente tres veces la inversión media hecha en prevención.

1.2.9 HAZOP

El análisis de peligros y operabilidad (*HAZard and OPerability analysis*, HAZOP) conocido también como *análisis funcional de operabilidad* (AFO), fue diseñado inicialmente en Inglaterra en la década de los setenta por la compañía Imperial Chemical Industries (ICI) para aplicarlo al diseño de plantas de fabricación de pesticidas.

El HAZOP es una técnica de identificación de riesgos inductiva basada en la premisa de que los accidentes se producen como consecuencia de una desviación de las variables de proceso con respecto de los parámetros normales de operación. La técnica se fundamenta en el hecho de que las desviaciones en el funcionamiento de las condiciones normales de operación y diseño suelen conducir a un fallo del sistema, y consiste en analizar sistemáticamente las causas y las consecuencias de unas desviaciones de las variables de proceso, planteadas a través de unas palabras guía.

La metodología del análisis comprende las siguientes etapas:

1. Descripción de la instalación. Se describen los elementos de la instalación y su funcionamiento.
2. Definición del objetivo y alcance. Consiste en delimitar las áreas del sistema a las cuales se aplica la técnica.
3. Definición de los elementos críticos o nodos de estudio.
4. Definición de las desviaciones para cada una de las variables de proceso, a partir de las palabras guía.

5. Identificar posibles causas de cada desviación.
6. Establecer las consecuencias posibles de la desviación y analizar cuál de las alternativas siguientes es aplicable al caso.
7. Las consecuencias no entrañan riesgo: descartar esta desviación.
8. Las consecuencias entrañan riesgos menores o medianos: consideración de esta desviación en el siguiente paso.
9. Las consecuencias entrañan riesgos mayores: consideración en el siguiente paso y envío para su análisis mediante un método más detallado y/o cuantitativo.
10. Determinar medidas correctoras que eviten o palíen las causas de las desviaciones.

El Método de Identificación y Evaluación de Riesgos HAZOP menciona Flores (2013), se ha usado con éxito durante muchos años en una gran variedad de aplicaciones. Este método cubre sistemáticamente todos los aspectos relacionados con la ingeniería de adquisiciones, la construcción, el montaje, puesta en marcha, las operaciones, la mantención, los aspectos jurídicos y económicos de un proyecto. Su amplio campo de aplicación hace que sea una herramienta confiable y permite una participación multidisciplinaria, en donde se suman los conocimientos y experiencia individuales. El HAZOP identifica los riesgos asociados con la operación del sistema, investigando las desviaciones posibles de su operación normal, la metodología HAZOP está basada en un principio de la actuación conjunta de varios expertos en diferentes campos con el fin de encontrar más problemas de los que se identificarían si se trabajara en forma separada.

El estudio HAZOP tiene dos premisas fundamentales:

1. Los sistemas funcionan bien, cuando operan de acuerdo con la intención del diseño.
2. Los riesgos y los problemas operacionales son generados por desviaciones a la intención de diseño.

A grandes rasgos el éxito/fracaso del HAZOP depende entre otros factores de la información disponible y de la elección y el equipo disponible para:

1. Definir los parámetros del nodo: se definirá como se espera que opere en ausencia de desviaciones.
2. Identificar las desviaciones, aplicando sistemáticamente las palabras guía que sean factibles.
3. Identificar las causas generadoras de desviación.
4. Identificar las consecuencias, como resultado de las desviaciones en estudio y proponer las medidas o acciones de control.

En la Tabla 1.3, se presentan definiciones y en la Tabla 1.4, las palabras guía para esta metodología. De este modo se busca disponer de una instalación bajo riesgos controlados, con un nivel de seguridad aceptable, dentro del marco legal requerido y de las normas y disposiciones reglamentarias internas.

Tabla 1.3. Definiciones para HAZOP

Intención:	Modo normal de operación en ausencia de desviaciones.
Desviación:	Cualquier falla que modifica la intención.
Causa:	Razón por la cual se produce la desviación.
Consecuencia:	Resultado ocasionado por la desviación.
Medida propuesta:	Acción recomendada destinada a la búsqueda de la solución de la desviación.
Palabras guías:	Grupo de palabras para definir la desviación de la intención.

Fuente: <http://www.insht.es/portal/site/Insht/menuitem.1f1a3bc79ab34c578c2e8884060961ca/?vgnextoid=a981ceffc39a5110VgnVCM100000dc0ca8c0RCRD&vgnnextchannel=9f164a7f8a651110VgnVCM100000dc0ca8c0RCRD>.

Tabla 1.4. Palabras guía utilizadas en HAZOP

No-Nulo-Nada	Negación de lo previsto en diseño (Ej.: No flujo)
Mas-Alto-Sobre-Mucho	Aumento cuantitativo de una variable (Ej.: Mas flujo)
Menos-Disminución-Menor	Opuesto a mas (Ej.: Menos presión)
Además de-Así-Como	Aumento cuantitativo (Ej.: Impurezas)
Parte de	Disminución cuantitativa (Ej.: Menos proporción de un componente de una mezcla)
Inverso	Lo opuesto a lo previsto en diseño (Ej.: Flujo inverso)
Distinto de	Sucede algo totalmente distinto a la intención del diseño.

Fuente: <http://www.insht.es/portal/site/Insht/menuitem.1f1a3bc79ab34c578c2e8884060961ca/?vgnextoid=a981ceffc39a5110VgnVCM100000dc0ca8c0RCRD&vgnnextchannel=9f164a7f8a651110VgnVCM100000dc0ca8c0RCRD>

1.2.10 Árbol de fallos y errores

La técnica del árbol de fallos fue creada en la década de los sesenta por técnicos de Bell Telephone Laboratories para mejorar la fiabilidad del sistema de control del lanzamiento de cohetes. Posteriormente su utilización se extendió a otros campos de la industria y, en especial a la industria nuclear.

La utilización de árboles de fallo es una técnica deductiva que se aplica a un sistema para la identificación de los sucesos o cadena de sucesos que pueden conducir a un incidente no deseado, en general a un accidente o fallo del sistema. Esta técnica permite, asimismo, cuantificar la probabilidad o frecuencia con que se puede producir un suceso; es decir, permite el cálculo de la no fiabilidad o no disponibilidad del sistema.

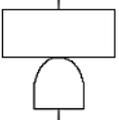
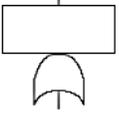
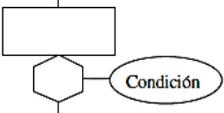
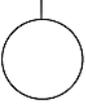
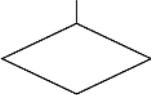
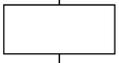
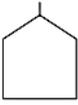
Esta técnica consiste en un proceso deductivo basado en las leyes del álgebra de Boole y permite determinar la expresión de sucesos complejos estudiados en función de los fallos básicos de los elementos que intervienen en él. De esta manera se puede apreciar, de forma cualitativa, qué sucesos son menos probables porque requieren la ocurrencia simultánea de numerosas causas.

Consiste en descomponer sistemáticamente un suceso complejo denominado *suceso top* en sucesos intermedios hasta llegar a sucesos básicos, donde:

1. *Suceso top*. El que ocupa la parte superior de la estructura lógica que representa el árbol de fallos. Es el suceso complejo que se representa mediante un rectángulo.
2. *Sucesos intermedios*. Son los sucesos que se encuentran en el proceso de descomposición y que, a su vez, pueden ser de nuevo descompuestos. Se representan en el árbol de fallos en rectángulos.
3. *Sucesos básicos*. Son los sucesos terminales de la descomposición. Pueden representar cualquier tipo de suceso: sucesos de «fallos», error humano o sucesos de «éxito»: ocurrencia de un evento determinado. Se representan en círculos en la estructura del árbol.

Sucesos no desarrollados. Existen sucesos en el proceso de descomposición del árbol de fallos cuyo proceso de descomposición no se prosigue, bien por falta de información, bien porque no se considera necesario. Se representan mediante un rombo y se tratan como sucesos básicos. La Tabla 1.5, presenta la simbología para este método.

Tabla 1.5. Simbología para el Método Árbol de Fallos

	<i>Puerta lógica Y</i>	El suceso de salida sucede solamente si se cumplen todos los sucesos de entrada
	<i>Puerta lógica O</i>	El suceso de salida ocurre si se cumple cualquiera de los sucesos de entrada
	<i>Puerta lógica INH</i>	El suceso de salida ocurre solamente si se dan los sucesos de entrada y se cumple la condición
	<i>Fallo primario</i>	Fallo de un componente que no tiene una causa primera identificable. Es el máximo nivel de detalle del árbol
	<i>Suceso no desarrollado</i>	Fallo de un componente que tiene una causa primera pero no es desarrollado por falta de información
	<i>Fallo secundario</i>	Fallo de un componente que tiene una causa primera identificable
	<i>Suceso externo</i>	Condición o suceso dado por las condiciones exteriores al límite de la instalación
	<i>Transferencia</i>	Puertas de transferencia que indican la división del árbol en algunas partes (entrada y salida)

Fuente: Análisis de riesgo en instalaciones industriales, Casal (1999).

Para la aplicación del método se aplican los siguientes pasos:

1. Descripción de la instalación.
2. Definición del objetivo y alcance.
3. Definición del árbol de fallos para el suceso no deseado.

4. La ecuación booleana, la ecuación reducida y los conjuntos mínimos de fallo.
5. Análisis cualitativo de la importancia.
6. Análisis cuantitativo, cálculo de la probabilidad del suceso top.
7. Análisis cuantitativo de la importancia. Cálculo de los índices RAW y RRW.
8. Propuesta de medidas correctoras.
9. Esquema de la instalación mejorada.
10. Definición del nuevo árbol de la instalación y cálculo de la disminución de la probabilidad del suceso no deseado.

Finalmente se construye el árbol de fallos de la nueva instalación y se calcula la nueva probabilidad de ocurrencia del suceso no deseado y la disminución conseguida. La mejora del sistema se obtiene de la división entre la probabilidad del suceso top en el sistema inicial por la probabilidad del sistema top en el nuevo sistema. Cuanto mayor sea el ratio de mejora, más efectivas resultarán las medidas correctoras aplicadas.

1.2.11 Simulación Montecarlo.

Dentro del contexto general de los procesos de simulación comenta López (2008), el método calificado de “Monte Carlo” incide en la última fase del esquema general de los experimentos de simulación, constituyendo un método de estimación bastante potente de parámetros de interés del sistema real. Para llevar a cabo esa estimación el método de Monte Carlo explota ampliamente la analogía entre probabilidad y volumen. La Estadística Matemática formaliza la noción intuitiva de probabilidad de un suceso identificándola con su volumen o medida relativa en relación con el del universo de posibles resultados de un experimento aleatorio. El método de Monte Carlo utiliza esa identificación en la dirección opuesta, es decir calculando el “volumen” de un conjunto e interpretando dicho volumen como una probabilidad. En el caso más simple eso significa llevar a cabo un muestreo aleatorio del universo de resultados posibles, hacer el recuento de los resultados que pertenecen a un determinado conjunto, calcular la fracción de los resultados pertenecientes a dicho conjunto con respecto al número total de resultados generados, y tomar dicha fracción como una estimación del volumen de dicho

conjunto. Dentro de unas hipótesis bastante generales, la ley de los grandes números nos asegura que esa estimación converge al verdadero valor del volumen del conjunto a medida que aumenta el número de resultados generados artificialmente. Además, y de forma crucial, el teorema central del límite facilita información sobre la magnitud del error de estimación cuando el tamaño de la muestra generada es finito, como por otra parte siempre va a suceder.

1.2.12 Análisis probabilístico.

En un experimento aleatorio se puede obtener una serie de resultados: A, B, ... Z. Se repite N veces el experimento y se obtiene n veces el resultado A. La frecuencia relativa del suceso es n/N , entonces la probabilidad de ocurrencia de un evento de falla se define mediante la expresión:

$$p_f = \frac{n}{N}$$

Donde:

n = es (son) el(los) evento(s) de falla (en confiabilidad) por estudiar;

N = es el número total de eventos posibles;

p_f = es la probabilidad de falla.

$$p_f = \lim_{N \rightarrow \infty} \frac{n}{N}$$

Donde:

p_f = se define como la probabilidad de que ocurra el evento n ante una serie grande o infinita N, de eventos posibles.

Esta definición empírica de la probabilidad, conocida como interpretación frecuencial de la probabilidad, se formaliza matemáticamente de la siguiente manera:

Dado un espacio muestral finito Ω y un suceso A de Ω , se define la probabilidad de A, P(A), como el valor de la función de probabilidad P que cumple los siguientes axiomas:

Para cualquier suceso A de Ω , $0 \leq P(A) \leq 1$.

$P(\Omega) = 1$

Si A y B son sucesos mutuamente excluyentes de Ω , $P(A \cup B) = P(A) + P(B)$

Como consecuencia de esta definición se cumplen las siguientes propiedades:

Si $P(A) = 1$, A es el suceso cierto.

Si $P(A) = 0$, A es el suceso imposible

$P(\bar{A}) = 1 - P(A)$

1.2.13 Diagrama de Pareto.

Se reconoce que más de 80% de la problemática en una organización es por causas comunes comenta Gutiérrez (2009), es decir, se debe a problemas o situaciones que actúan de manera permanente sobre los procesos. Pero, además, en todo proceso son pocos los problemas o situaciones vitales que contribuyen en gran medida a la problemática global de un proceso o una empresa. Lo anterior es la premisa del diagrama de Pareto, el cual es un gráfico especial de barras cuyo campo de análisis o aplicación son los datos categóricos, y tiene como objetivo ayudar a localizar el o los problemas vitales, así como sus principales causas. La idea es que cuando se quiere mejorar un proceso o atender sus problemas, no se den “palos de ciego” y se trabaje en todos los problemas al mismo tiempo atacando todas sus causas a la vez, sino que, con base en los datos e información aportados por un análisis estadístico, se establezcan prioridades y se enfoquen los esfuerzos donde éstos tengan mayor impacto.

La viabilidad y utilidad general del diagrama está respaldada por el llamado principio de Pareto, conocido como “Ley 80-20” o “Pocos vitales, muchos triviales”, en el cual se reconoce que pocos elementos (20%) generan la mayor parte del efecto (80%), y el resto de los elementos propician muy poco del efecto total. El nombre del principio se determinó en honor al economista italiano Wilfredo Pareto (1843-1923).

1.2.14 Organización del trabajo

El concepto de organización del trabajo de acuerdo a Westlander (2013), se encuentra en la interacción tradicional sobre ergonomía ocupacional en la que se analiza el modo en que los equipos y las personas se adaptan entre sí en el trabajo. En lo que se refiere a los seres humanos, lo que importa es saber cómo reaccionan y se adecuan a los equipos. En cuanto a la presión y la eficacia, la variable tiempo de trabajo también es importante. Entre los aspectos relacionados con el tiempo figuran la duración de la actividad, los períodos de trabajo diurnos y nocturnos, el grado de regularidad y las oportunidades de recuperación ofrecidas mediante la programación de pausas y la posibilidad de períodos más prolongados de descanso y ocio. Se trata de condiciones de horario que deben ser administradas por la dirección y ser consideradas como factores organizativos de suma importancia en el ámbito de la investigación ergonómica. Puede afirmarse que el tiempo dedicado a la tarea de trabajo puede moderar la relación entre equipamiento y trabajador en lo que respecta a los efectos sobre la salud.

Existen además otros planteamientos ergonómicos más amplios: los análisis se extienden a la situación laboral en la que se utiliza el equipo. En este caso, se trata de que la adaptación entre dicha situación y el trabajador sea adecuada.

En tales planteamientos, son los equipos, además de diversos factores de organización en el trabajo (como el objeto del puesto de trabajo, los tipos y la composición de las tareas, las responsabilidades, las formas de cooperación y de supervisión, el tiempo dedicado a todos sus aspectos), los que componen la compleja situación respecto a la que el trabajador reacciona, se adapta y actúa.

Son factores de organización del trabajo que se tienen en cuenta en análisis ergonómicos más amplios; la ergonomía suele contemplar el tipo de psicología industrial que se ocupa del objeto del puesto de trabajo de cada persona (clases y composición de las tareas) y otras demandas afines. Se piensa que estos factores actúan paralelamente a las condiciones físicas.

De este modo, se convierte en tarea del investigador adoptar una postura respecto a cuáles de estos factores y condiciones con los que se enfrenta regularmente cada trabajador contribuyen a la existencia de enfermedades (p. ej., estrés y tensión) y cuál es el carácter de esta influencia. Además de las condiciones de organización del trabajo a las que se expone regularmente un trabajador, hay otros fenómenos vinculados a ésta (como las políticas de contratación, los programas de formación, los sistemas salariales) que pueden afectarle más indirectamente, pero que siguen siendo decisivos en cuanto a lo que le ofrece su situación laboral inmediata. Ampliar el campo de estudio (y cabe preguntarse en todo caso si la ampliación ha sido suficiente) es de interés para el investigador que desee comprender la relación entre cada trabajador y las actividades en su conjunto.

Al especialista en salud en el trabajo puede resultarle de gran provecho averiguar la proporción en que intervienen la estructura básica y las estructuras paralelas establecidas entre las personas de la organización. ¿En qué toma parte activa cada persona? ¿Qué se exige de cada persona en lo que respecta a esfuerzo y lealtad? ¿Cómo afecta esta exigencia a los encuentros y la cooperación entre colegas, compañeros de trabajo, directivos y otros participantes activos en contextos formales? Para el especialista en salud en el trabajo interesado en cuestiones psicosociales, es importante ser consciente de que siempre hay algunas personas (ajenas o no a la organización) que han asumido o se les ha asignado la tarea de diseñar el conjunto de principios normativos que rigen las actividades. Tales “creadores de la organización” no actúan solos, sino que cuentan con la ayuda de personas leales a la estructura establecida. Algunas de ellas participan activamente en el proceso creativo utilizado y perfeccionando los principios. Otras son las representantes o “portavoces” del personal, ya sea colectivamente o de grupos específicos. Además, existe un grupo numeroso de miembros de la plantilla que pueden caracterizarse como administradores de la forma prescrita de las actividades, si bien carecen de voz y voto respecto a su diseño y el método de su aplicación.

El enfoque particular que tiene como finalidad este estudio es el preservar la seguridad y salud del entorno del trabajador así como su vida. Para Moreno Et. al (2008), la administración representa una de las disciplinas más importantes que las organizaciones a nivel mundial deben

considerar, toda vez que administrar implica una articulación entre los procesos, funciones y sus relaciones, permitiendo de ésta manera cumplir con sus objetivos y metas; en este sentido, las funciones constituyen el proceso administrativo conformado por: planificación, organización, dirección y control.

Con base a lo anterior se observa que en el ámbito laboral requiere de una buena dirección que integre conocimientos y estrategias de aplicación, al respecto Tovar (2012) menciona que la formación estratégica busca hacer énfasis en el desarrollo de la dimensión administrativo-metodológica de las competencias, que puede ser entendida en términos de: la capacidad de realizar diseños, la proposición y ejecución de procedimientos y de algoritmos, la planeación, la organización, la formulación de estrategias, la ejecución de planes, las prácticas de laboratorio y las formas de abordar situaciones. Esta ampliación de las perspectivas de la enseñanza-evaluación-aprendizaje, supera la tradición centrada en lo conceptual y plantea una transformación de los roles, modelos, instrumentos, mecanismos y sistemas en el aula.

En consecuencia, Moreno et.al (2008) asegura que, el entorno y las fuerzas ambientales que tienen impactos en las organizaciones, deben ser consideradas, por cuanto factores como la tecnología, política, economía, valores culturales, demográficos, entre otros, tienen implicaciones fundamentales en la administración de las organizaciones tanto públicas como privadas ya sean éstas, pequeñas, medianas o grandes.

Por lo tanto, resulta un imperativo abordar los desafíos que la gerencia de los recursos humanos enfrenta en este nuevo siglo, a la luz de las distintas teorías y escuelas que estudian el talento humano, que por ser éste tan valioso debe ser protegido, en especial su calidad de vida laboral, que pocas organizaciones en el mundo y en particular en Latinoamérica considera relevante.

Por otra parte Chiavenato citado Moreno et.al (2008), en su Modelo Organizacional, Ambiente de Trabajo y Ambiente General, dice que las actividades de higiene y seguridad se ubican en lo que él denomina el *micro ambiente*, (factores de ambiente de trabajo relacionados

con competidores, clientes, entidades reguladoras, proveedores y otras organizaciones) representando el nicho de operaciones y de poder en las organizaciones, en consecuencia están estrechamente ligadas a todas las actividades que el talento humano desarrolla; obviamente los riesgos que se presentan dependerán si la empresa ofrece un trabajo en condiciones seguras.

Ahora bien, con relación a la industria de la construcción Martínez (2011), hace notar que la industria de la construcción se caracteriza por algunos rasgos que también presentan algunas otras industrias, pero que en su combinación sólo se dan en la industria de la construcción: a esta combinación peculiar de rasgos particulares cabe denominarla como la especificidad de la actividad constructora. Estos rasgos particulares cuya combinación genera una situación específica abarcan todos los niveles: proceso de trabajo, financiamiento, estructura industrial, etc. Cada uno de estos sectores se debe tomar en cuenta para analizar las situaciones de riesgo que la producción en la construcción implica.

En términos agregados Martin et.al (2010), con base en un análisis mediante las cinco fuerzas competitivas menciona que la construcción se caracteriza por la dispersión, la fragmentación y la localización, como consecuencia de las características del negocio, su proceso de fabricación, los agentes que intervienen, las particularidades de la industria, que determinan el mecanismo de formación de precios y la clientela.

1.2.15 Sector público y privado en la seguridad e higiene.

Las empresas (es decir, los oferentes de trabajo) comenta Trebilcock (2013), suelen diferenciarse en los sistemas de relaciones laborales en función de su pertenencia a los sectores público o privado. Históricamente, el sindicalismo y la negociación colectiva se desarrollaron primero en el sector privado, pero en los últimos años, este fenómeno se ha extendido también a muchos centros de trabajo del sector público. La posición de las empresas de propiedad estatal (cuyo número, en cualquier caso, se reduce en todo el mundo) como oferentes de empleo varía en función del país.

Las empresas tienen intereses comunes que defender y causas precisas que propugnar. Al organizarse, persiguen varios objetivos que, a su vez, determinan el carácter de sus organizaciones. Estas pueden adoptar la forma de cámaras de comercios, federaciones económicas y organizaciones empresariales (para las cuestiones sociales y laborales). Cuando los aspectos abordados pertenecen esencialmente al ámbito social y de las relaciones industriales, incluida la negociación colectiva, la salud y la seguridad en el trabajo, el derecho laboral y los salarios, el deseo de coordinar las acciones ha dado lugar a la creación de organizaciones de empresarios, que siempre son de carácter voluntario.

Wright (2013), citado en la enciclopedia de seguridad e higiene menciona que la negociación colectiva es el proceso que permite a los trabajadores negociar, como colectivo, con su empresa, y puede desarrollarse a varias escalas (empresarial, sectorial, nacional). Tradicionalmente, los temas de la negociación son los salarios, las prestaciones, las condiciones de trabajo y un trato equitativo. No obstante, pueden abordarse también cuestiones que no afecten directamente a los trabajadores contratados por la empresa, como el aumento de las pensiones de vejez de los ya jubilados. Con menor frecuencia, se consideran aspectos que trascienden con mucho al lugar de trabajo, como la protección del medio ambiente exterior. En las empresas muy pequeñas, los trabajadores pueden tratar como un solo grupo con su empleador. Este tipo de negociación colectiva se ha mantenido durante siglos. Por el contrario, en la actualidad, de la negociación se encargan las organizaciones de trabajadores, o sindicatos.

Martin et.al (2010), en definitiva, el análisis de la industria de la construcción pone de manifiesto que hay fuerzas que están adquiriendo una mayor intensidad, reforzando el posicionamiento de los agentes más flexibles y mejor preparados, lo que, sin duda, deberán tener presente todas las compañías para el desarrollo de futuras estrategias.

De acuerdo a lo anterior la industria de la construcción es un sector de gran importancia, en el cual no solo el factor económico afecta su crecimiento. La seguridad e higiene de sus instalaciones y equipo de seguridad que en su conjunto ayudan a prevenir accidentes y riesgos podrían mermar su objetivo de beneficiar a la sociedad en general. La administración del riesgo,

la capacitación y el uso adecuado de recursos ayudara a solucionar problemas que actualmente no han podido ser erradicados.

1.2.16 Legislación y normativa.

En la Guía sobre Seguridad e Higiene del Trabajo (2013). Se orienta al trabajador en caso de que el detecte que sus actividades laborales carezcan de seguridad a través de la siguiente pregunta. ¿A quién puedo informar de condiciones de trabajo poco seguras o peligrosas?

Se puede presentar una queja ante las autoridades responsables de la higiene y seguridad en el trabajo, quienes enviarán a un inspector al lugar de trabajo. La Secretaría del Trabajo y Previsión Social (STPS) realiza tres tipos principales de inspección:

- Inspección inicial: Es la que se lleva a cabo cuando empieza a funcionar tu lugar de trabajo.
- Inspecciones periódicas: Por lo general se realizan una vez al año, pero pueden ser más o menos frecuentes dependiendo de cada empresa y del historial de seguridad del lugar de trabajo.
- Inspección de comprobación: Se lleva a cabo para asegurarse de que los cambios que los inspectores indicaron se hayan realizado efectivamente.

Si el lugar donde trabaja no es seguro, la STPS puede imponer multas o cerrarlo hasta que sea seguro para todos los trabajadores.

El tipo de multa dependerá de:

- La gravedad de la violación a la seguridad.
- El historial de infracciones del patrón.
- La situación financiera de la empresa.

Por otra parte, cuando existen inspecciones y el trabajador detecta o considera poco seguro y peligroso su entorno, puede dar aviso a las autoridades. Una vez que lo haga, la STPS decidirá si realiza una inspección basándose en:

1. La seriedad del riesgo; y
2. El historial de su patrón.

Tiene derecho a tomar parte en la inspección y comentar con el inspector lo que le preocupa sobre la seguridad en su trabajo.

En México la regulación se lleva a cabo por acuerdo de diversas instituciones del sector laboral en conjunto de instituciones que vigilan la aplicación correcta de la ley conforme a la Constitución Política Mexicana, Ley Federal del trabajo (LFT), Secretaria de Trabajo y Previsión Social, etc. Con base a lo anterior se genera la normativa que habrá de cumplirse en todo momento para que exista el equilibrio entre empleado y patrón. De acuerdo a lo anterior la LFT (2012) da a conocer las obligaciones de los patrones y empleados con relación a la seguridad e higiene en los siguientes apartados.

Artículo 132, Obligaciones de los patrones

I.- Cumplir las disposiciones de las normas de trabajo aplicables a sus empresas o establecimientos.

XV.- Proporcionar capacitación y adiestramiento a sus trabajadores.

XVI.- Instalar, de acuerdo con los principios de seguridad e higiene, las fábricas, talleres, oficinas y demás lugares en que deban ejecutarse las labores, para prevenir riesgos de trabajo y perjuicios al trabajador, así como adoptar las medidas necesarias para evitar que los contaminantes excedan los máximos permitidos en los reglamentos e instructivos que expidan las autoridades competentes. Para estos efectos, deberán modificar, en su caso, las instalaciones en los términos que señalen las propias autoridades.

XVII.- Cumplir las disposiciones de seguridad e higiene que fijen las leyes y los reglamentos para prevenir los accidentes y enfermedades en los centros de trabajo y, en general, en los lugares en que deban ejecutarse las labores; y, disponer en todo tiempo de los medicamentos y materiales de curación indispensables que señalen los instructivos que se expidan, para que se presten oportuna y eficazmente los primeros auxilios; debiendo dar, desde luego, aviso a la autoridad competente de cada accidente que ocurra.

XVIII.- Fijar visiblemente y difundir en los lugares donde se preste el trabajo, las disposiciones conducentes de los reglamentos e instructivos de seguridad e higiene.

XXIV.- Permitir la inspección y vigilancia que las autoridades del trabajo practiquen en su establecimiento para cerciorarse del cumplimiento de las normas de trabajo y darles los informes que a ese efecto sean indispensables, cuando lo soliciten. Los patrones podrán exigir a los inspectores o comisionados que les muestren sus credenciales y les den a conocer las instrucciones que tengan.

Artículo 134, Obligaciones de los trabajadores.

I.- Cumplir las disposiciones de las normas de trabajo que les sean aplicables.

II.- Observar las medidas preventivas e higiénicas que acuerden las autoridades competentes y las que indiquen los patrones para la seguridad y protección personal de los trabajadores.

VIII.- Prestar auxilios en cualquier tiempo que se necesiten, cuando por siniestro o riesgo inminente peligren las personas o los intereses del patrón o de sus compañeros de trabajo.

XII. Comunicar al patrón o a su representante las deficiencias que adviertan, a fin de evitar daños o perjuicios a los intereses y vidas de sus compañeros de trabajo o de los patrones.

En México tenemos el Reglamento Federal de Seguridad, Higiene y Medio Ambiente de Trabajo (1997) en donde se define a la seguridad e higiene en el trabajo como los procedimientos, técnicas y elementos que se aplican en los centros de trabajo, para el reconocimiento, evaluación y control de los agentes nocivos que intervienen en los procesos y actividades de trabajo, con el objeto de establecer medidas y acciones para la prevención de accidentes o enfermedades de trabajo, a fin de conservar la vida, salud e integridad física de los

trabajadores, así como evitar cualquier posible deterioro al propio centro de trabajo. Este reglamento forma parte de las normativas de la Secretaría de Trabajo y Previsión Social (STPS) que tiene que cumplir toda empresa que desee operar a nivel nacional.

1.3 Marco contextual

1.3.1 Industria de la construcción y la economía mexicana.

La industria de la construcción es uno de los sectores más productivos en el país, según el IMSS (2012), a nivel nacional en promedio en el periodo enero a octubre contaba con una plantilla laboral registrada de 15,658,525 trabajadores de los cuales 1,273,123 corresponde a trabajadores bajo razones sociales de construcción; es decir el 8.3% de la población registrada en este instituto labora en actividades del sector. Por otro lado la participación de la construcción en el Producto Interno Bruto (PIB) durante el mismo periodo en el país registro un aumento del 3.3% de acuerdo a informes de la Cámara Mexicana de la Industria de la Construcción (2013), por sus siglas (CMIC) además el pronóstico de la Gerencia de Economía y Financiamiento para el PIB de la construcción es de 2.8% en 2013, mientras que el crecimiento promedio calculado por las entidades financieras del sector de la construcción es de 3.0% para este año 2013 de acuerdo a la Tabla 1.6.

Esta fuente da a conocer las estimaciones del empleo total en el sector de la construcción que en 2012 ascendieron a 5, 865,773 y de acuerdo con estimaciones de la CMIC, se espera que en el 2013 se generen 250 mil puestos de trabajo. Esto aun a pesar de que en el primer trimestre de este año se reportó un decrecimiento en las actividades financieras para este sector.

Tabla 1.6. PIB estimado.

PIB DE LA CONSTRUCCIÓN	FECHA DE PUBLICACIÓN	PRONÓSTICO 2013
CMIC	15-abr-13	2.8
BANAMEX	01-mar-13	2.8
SCOTIABANK	04-abr-13	3.6
BANCOMER	19-mar-13	2.6
PROMEDIO 3.0		

Fuente: estudios económicos de la banca comercial, SHCP y CMIC (2013).

Todo lo anterior hace voltar a revisar la forma en que están operando actualmente las empresas que prestan estos servicios, el manejo del riesgo, puesto que el aumento de la plantilla de trabajadores requiere de un análisis de la seguridad en la cual están laborando, con la finalidad que los ingresos y fuentes de empleo que este sector genera continúe dando buenos resultados.

1.3.2 Cadena productiva

El sector está relacionado con 63 de las 79 ramas productivas y por cada peso que se invierte en la industria de la construcción, 43 centavos se derrama en las ramas integradas a la cadena productiva representada en la Tabla 1.7.

Tabla 1.7. Cadena productiva.



Fuente: Gerencia de Economía y Financiamiento CMIC, con datos de INEGI (2013).

1.3.3 Sector construcción en el Estado de México

A continuación la Tabla 1.8, muestra el número de trabajadores por sector económico en el Estado de México, lo que nos indica que el de la construcción tiene el tercer lugar de importancia dentro de la clasificación específica de actividades, además de que la mayor parte de la plantilla corresponde al sexo masculino.

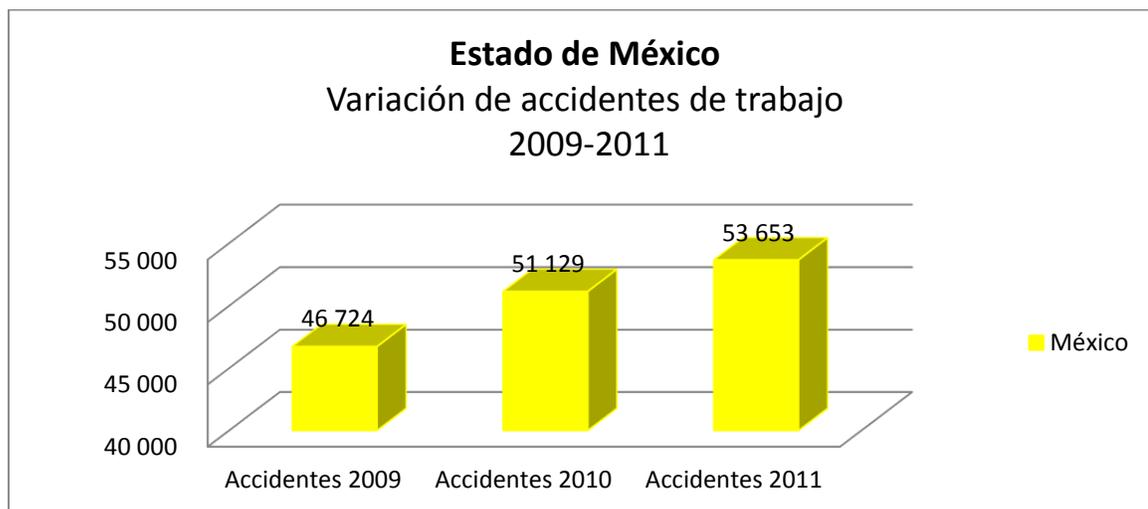
Tabla 1.8. Clasificación laboral por sector económico en el Estado de México.

Concepto	Estado de México		
	Total	Hombres (%)	Mujeres (%)
Ocupados por rama de actividad económica	6,552,482	62.2	37.8
Actividades agropecuarias	323,404	90.5	9.5
Industria Manufacturera	1,115,028	68.6	31.4
Industria Extractiva y Electricidad	24,430	86.7	13.3
Construcción	526,185	96.8	3.2
Comercio	1,518,508	52.8	47.2
Transportes y comunicaciones	416,755	90.8	9.2
Otros servicios	2,280,044	46.6	53.4
Gobierno y organismos internacionales	335,890	69.7	30.3
No especificado	12,238	90.6	9.4

Fuente: http://www.stps.gob.mx/bp/secciones/conoce/areas_atencion/areas_atencion/web/pdf/perfiles/perfil%20estado%20de%20mexico.pdf.

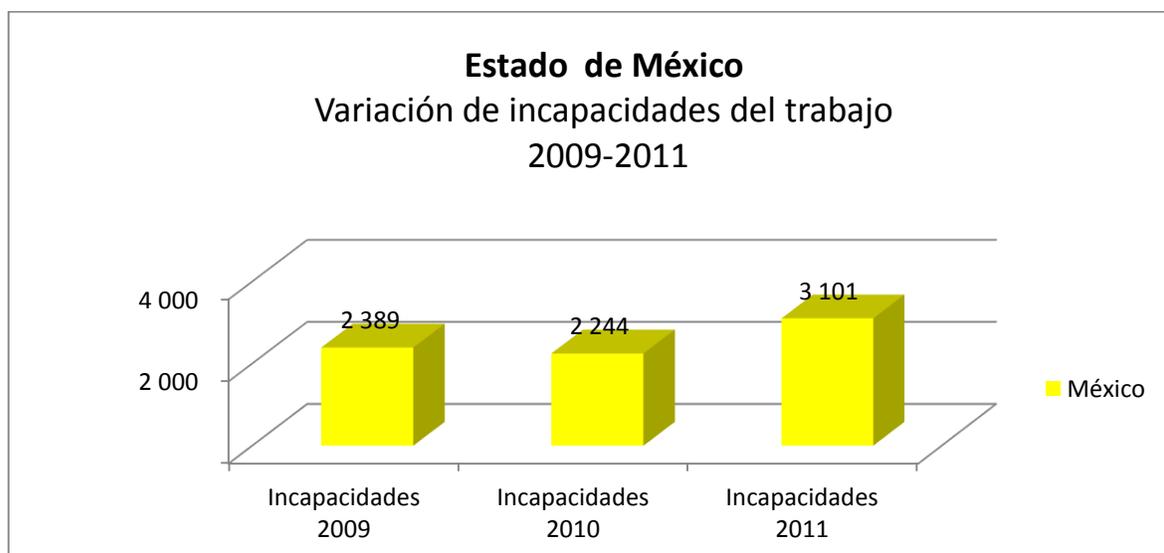
En la Gráfica 1.1, se puede apreciar el comportamiento de los accidentes de trabajo en el periodo 2009-2011. Esto es para todas las empresas registradas en la misma entidad. Aquí se observa que existe incremento gradual de accidentes dentro de la planta, y de acuerdo a estadísticas, el Estado de México tiene el 12.71% de ocurrencia a nivel nacional y su tasa de incidencia es de 5.6 por cada 100 trabajadores.

La Gráfica 1.2, muestra la variación de incapacidades de trabajo en el Estado de México, la tasa de incidencia es de 3.2 por cada 1000 trabajadores. Estas cifras incluyen accidentes de trabajo y de trayecto, así también enfermedades del trabajo.



Gráfica 1.1. Accidentes de trabajo.

Fuente: elaboración propia con datos de memoria estadística, IMSS (2012).



Gráfica 1.2. Incapacidades de trabajo.

Fuente: elaboración propia con datos de memoria estadística, STPS e IMSS (2012).

Es evidente que el control del riesgo y su mantenimiento dentro de límites “tolerables” tiene que ser uno de los objetivos tanto de la industria como del gobierno de cualquier país, si bien hay que tener en cuenta que no se puede aspirar a tener instalaciones sin aceptar un margen de riesgo, y que finalmente siempre quedan algunos factores de difícil o imposible control, la mayor parte de los factores deben ser estudiados para identificar, medir y controlar el número de incidencias. A través del tiempo se han realizado intentos para establecer valores para el riesgo tolerable, esto por ejemplo, identificando las tasas de fallos de los equipos utilizados en la industria o estudios a las condiciones en operación de las instalaciones.

Este trabajo considera una empresa de construcción de elementos prefabricados del Estado de México, La empresa tiene sus orígenes en 1971 dedicada a la actividad de la industria del concreto prefabricado y pre-esforzado, que incluye actividades desde su diseño, planeación y construcción, ha tenido participación en obras enfocadas al desarrollo de infraestructura urbana e industrial, entre otras.

Capítulo 2. Metodología.

En el presente capítulo se describe de manera amplia como se llevó a cabo la construcción del desarrollo de la investigación, las técnicas utilizadas y las herramientas aplicadas a cada aspecto a evaluar con la finalidad de integrar soluciones que ayudaron a demostrar la hipótesis planteada.

2.1 Tipo de estudio.

Este estudio es de tipo exploratorio debido a que, la empresa no contaba con análisis de riesgo o seguimiento de accidentes ocurridos, solo poseía la relación de incapacidades reportadas al IMSS, por lo cual, fue necesario realizar investigación para identificar las causas que condujeron a los accidentes.

Es descriptivo por que se especifica las características de las causas de accidentes y se define una clasificación valida del sistema, con lo cual se inicia la medición.

Es determinista basado en el análisis cualitativo y cuantitativo de riesgo presentado, lo cual le da una visión estructurada del problema, además de ser comparativo porque en el método de análisis de riesgo de árbol de fallas se lleva a cabo una propuesta de cambio y será medida con base a su ratio de mejora con respecto a la situación actual que tiene la empresa.

En la Figura 2.1 se presenta la metodología de trabajo para este estudio y se describe ampliamente en los puntos restantes del presente capítulo.

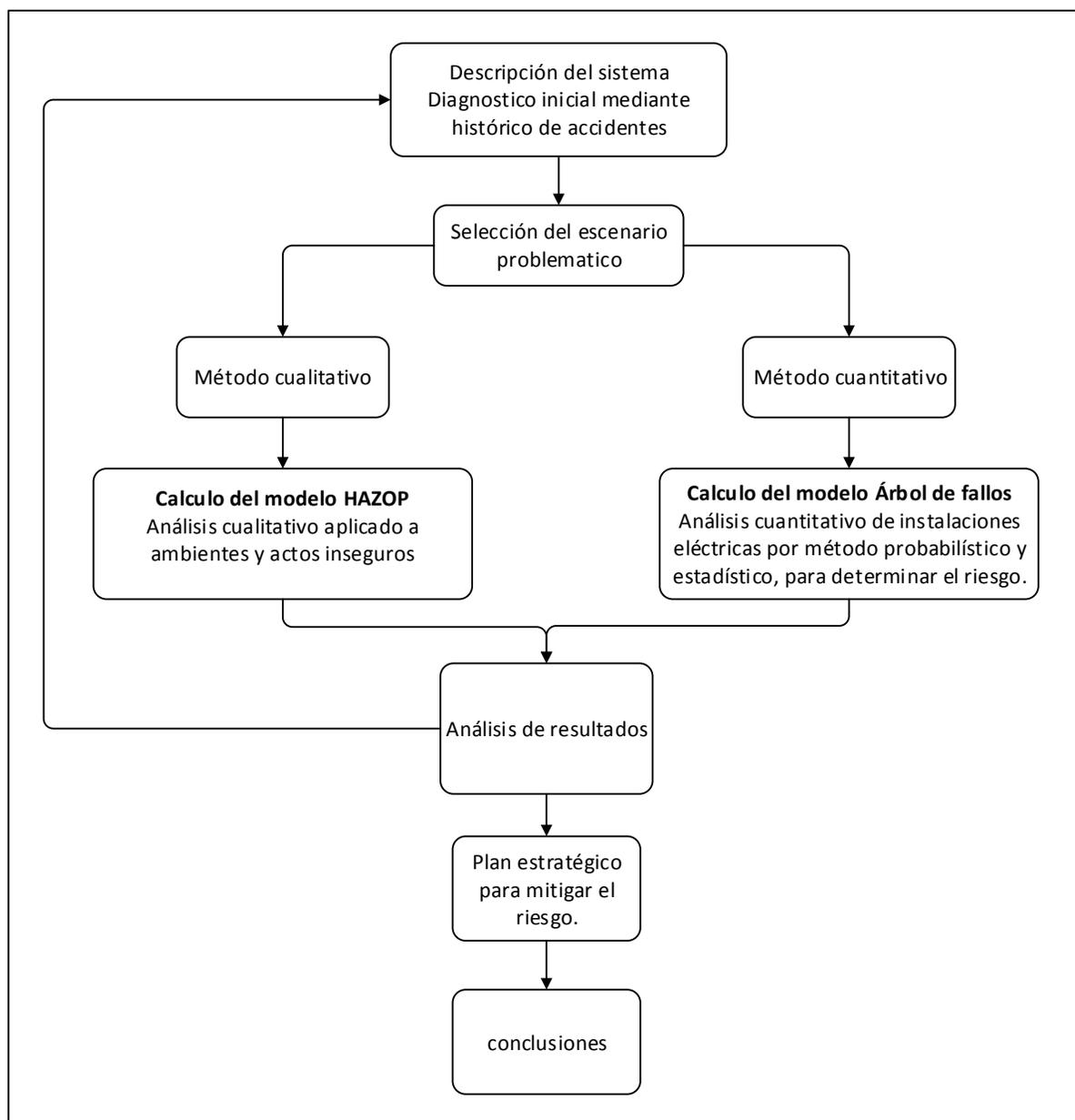


Figura 2.1. Metodología de trabajo.

Fuente: elaboración propia (2013)

2.2 Definición conceptual de variables de estudio.

Las variables de estudio que se determinaron para probar la hipótesis propuesta son definidas a continuación.

- Actos inseguros: Eventos fuera de las especificaciones de seguridad que la normativa dicta y que podrían causar accidentes individuales o grupales.
- Ambiente inseguro: Desviaciones del entorno de trabajo de acuerdo al diseño original para el cual fue proyectada la planta.
- Capacitación: Instrucciones, habilidades y capacidades que brindan información y conocimientos de temas que impactan el desarrollo y actividades laborales de los trabajadores.
- Riesgo: probabilidad de ocurrencia de eventos no deseados, que puede ser calculada a partir de estimaciones cualitativas y cuantitativas.

Operativamente se definen como:

- Actos inseguros: acciones realizadas por el trabajador que implican una omisión o violación a un método de trabajo o medida determinados como seguros (NOM 019, 2011).
- Ambiente inseguro: con relación a las condiciones peligrosas son Aquellas características inherentes a las instalaciones, procesos, maquinaria, equipo, herramientas y materiales, que pueden provocar un incidente, accidente, enfermedad de trabajo o daño material al centro de trabajo (NOM 019, 2011).

- Capacitación: para el IMSS (2014). Es un proceso educativo que propicia la adquisición, actualización y el desarrollo de habilidades, conocimientos y aptitudes, así como la modificación de actitudes que permitan al personal mejorar el desempeño de sus funciones.
- Riesgo: combinación de la probabilidad de ocurrencia de un suceso y sus consecuencias puede tener carácter positivo o negativo (Mapfre, 2014).

2.3 Descripción del sistema

La industria de la construcción es un sector de suma importancia, por todo lo que implica a nivel mundial, tanto económico, político y social. Una mirada al interior de este sector, para verificar el cumplimiento de la normatividad permitió llevar a cabo un análisis del porqué de su alta tasa de accidentes. Se realizó un diagnóstico para identificar las causas analizando la base de datos que la empresa ha reportado como riesgo de trabajo al Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS), lo cual permitió proponer un programa basado en planeación estratégica de capacitación integral que incluyó la revisión de la normatividad, esto con la finalidad de prevenir riesgo de incidencia en actos y ambientes inseguros. La identificación del problema es el primer paso para lograr controlar el efecto de los eventos y enfocarse en la solución de ellos, mediante la toma de decisiones apropiada.

El sector de la construcción tiene grandes representaciones físicas en la ciudad, campo, industria, etc. Cada una de estas, es el logro de actividades especializadas y de la enorme creatividad que el ser humano ha desarrollado a lo largo de su evolución en el mundo, gracias a este sector muchas de nuestras actividades son más cómodas, rápidas y eficaces. Por otro lado, una mala planeación, diseño o fabricación de algún elemento, podría desembocar en consecuencias de diversas magnitudes. Cada uno de los métodos de fabricación debe ser cuidado de forma meticulosa, por lo cual las personas que laboran en este sector deben estar en continua preparación y actualización que les permita desarrollar su trabajo de forma profesional.

2.4 Selección del escenario problemático.

El enfoque particular que tiene como finalidad este estudio es el preservar la seguridad y salud del entorno del trabajador así como su vida. Por lo cual se realizó un diagnóstico histórico de los eventos que se presentaron en una empresa de construcción, de esta manera se analizaron las situaciones que están incurriendo en accidentes para responder al ¿por qué?, de los mismos. Se llevó a cabo un análisis preliminar para la descripción del sistema con base al diagnóstico mediante el histórico de accidentes de acuerdo al orden de la Figura 2.2.

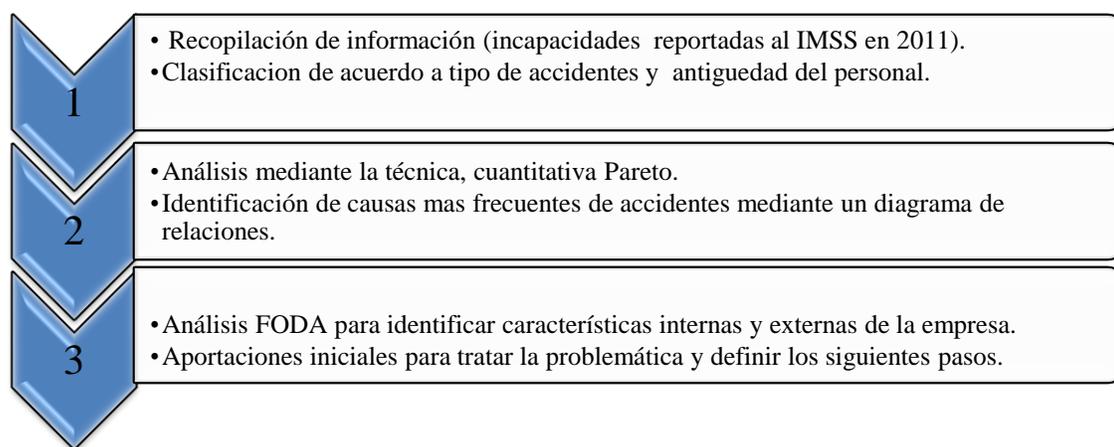


Figura 2.2. Análisis preliminar

Fuente: elaboración propia (2013).

Con la información recabada se calculó la primera variable de estudio “capacitación”. Lo anterior con la relación a la tasa de accidentes que tiene que ver con las características (antigüedad) que presenta el personal de mayor incidencia. Además se identificó las áreas de mayor presencia de accidentes dentro de la empresa que tuvieron que ver con “actos y ambientes inseguros” y se aplicó un método cualitativo (HAZOP) para su evaluación y así probar esta variable.

Por otra parte, el accidente reportado por el área de mantenimiento de acuerdo a la Tabla 3.5, fue ocurrido cuando se realizaban actividades de inspección a la red eléctrica en el área soldadura, que aunque solo tuvo que ver con una persona y esta, no presentó daños

considerables, los daños a la instalación tuvieron repercusiones económicas altas, esto debido a que la red no contaba con los elementos adecuados para su funcionamiento, por este motivo se determinó la aplicación de la metodología de árbol de fallo para evaluar cuantitativamente la variable de estudio que definimos como “riesgo”.

2.5 Análisis cualitativo

Este tipo de análisis intenta obtener descripciones detalladas como lo dice Hernández (2010), de situaciones, eventos, personas, interacciones, conductas observadas y sus manifestaciones. Para este tipo de investigación se utilizan técnicas para recolectar datos, como la observación no estructurada, entrevistas abiertas, revisión de documentos, discusión en grupo, evaluación de experiencias personales, e interacción e introspección con grupos o comunidades. Postula que la realidad se define a través de las interpretaciones de los participantes en la investigación respecto de sus propias realidades. De este modo, convergen varias “realidades”, por lo menos las de los participantes, la del investigador y la que se produce mediante la interacción de todos los actores. Además son realidades que van modificándose conforme transcurre el estudio, con este tipo de enfoque cualitativo se busca principalmente “dispersión o expansión” de los datos e información.

Se eligió la metodología HAZOP para evaluar ambientes y actos inseguros debido a la participación multidisciplinaria de los empleados que la empresa aportó, en donde las situaciones fueron estudiadas de manera global de tal manera que se busca solucionar problemas con los recursos disponibles y así mismo, se identifican las carencias que se presentan.

2.6 Análisis cuantitativo.

La intención de un estudio de riesgo es identificar cuáles son aquellas situaciones que conllevan peligros, para evitar afectaciones, no solo, de tipo físico a los empleados, sino también a la infraestructura que mantiene en pie a una empresa. Con el tipo de análisis cuantitativo como dice Hernández (2010), se debe ser capaz de conducir hacia una investigación concreta y con

posibilidad de prueba empírica, en donde los objetivos y lo que se busca averiguar, debe ser congruentes entre si e ir en la misma dirección.

Según Kerlinger y Lee (2002), citado por Hernández (2010), los criterios para plantear adecuadamente un problema de investigación cuantitativa son:

- El problema debe expresar una relación entre dos o más conceptos o variables.
- El problema debe estar formulado como pregunta, claramente y sin ambigüedades; por ejemplo ¿Cuál es la probabilidad de....?
- El planteamiento debe implicar la posibilidad de realizar una prueba empírica, es decir, la factibilidad de observarse en la “realidad única y objetiva”. Por ejemplo, si alguien piensa estudiar cuan sublime es el alma de los adolescentes, está planteando un problema que no puede probarse empíricamente, pues “lo sublime” y “el alma” no son observables, claro que el ejemplo es extremo, pero nos recuerda que el enfoque cuantitativo trabaja con aspectos observables y medibles de la realidad.

La técnica de análisis de riesgo cuantitativa elegida se conoce como árbol de fallos y tiene atribuciones de ser rigurosa y objetiva. Ha sido ampliamente utilizada en sectores como químico y armamentista por su efectividad de respuesta. Con esta técnica se pretende acotar la información y así medir lo más preciso posible la variable de estudio definida como “riesgo” en la instalación eléctrica, con la finalidad de describir, explicar y predecir situaciones que causan desviaciones del diseño objetivo original. Para el análisis de árbol de fallos se cuenta con dos técnicas de evaluación que son el análisis probabilístico y simulación Montecarlo que se aplicó, a la situación actual de la instalación eléctrica y posteriormente se generó una propuesta de mejora que también se sometió a estas dos técnicas de evaluación, con la finalidad de realizar un comparativo y encontrar la mejor opción de acuerdo al cálculo de ratio de mejora o disminución de riesgo.

2.6.1 Muestra probabilística

El desarrollo de la investigación cuantitativa esta categorizada por ser una muestra probabilística en donde todos los elementos de la población (elementos eléctricos de la instalación) tienen una posibilidad de claudicar de acuerdo a su tasa de fallos definida en bases de datos conocidas para elementos eléctricos o estimadas de acuerdo a la experiencia del área de mantenimiento, y se lleva a cabo por medio de selección aleatoria de los conjuntos mínimos de corte que evalúan probabilidades de fallo individuales y grupales y que además define en porcentaje de ocurrencia, cuáles de ellos son los más probables de ocurrir.

2.7 Análisis de resultados.

La combinación de técnicas estadísticas y administrativas, tanto cualitativas como cuantitativas mejora la visión de los problemas que se encuentran presentes en la empresa, la contribución de técnicas mixtas evita que se dejen problemas a un lado, por no contar con los métodos adecuados de evaluación en descripción y análisis. Es decir con esto se logra un estudio detallado de todos los componentes de acuerdo a su naturaleza.

2.8 Plan estratégico para mitigar el riesgo.

Se llevó a cabo una propuesta de planeación que define los tiempos de acreditación y evaluación de los miembros encargados de la mejora de la empresa, así como las responsabilidades que tendrán a su cargo. Este tipo de planeación nos informara que dirección va tomando con las acciones de solución propuesta, la forma en que lograra sus objetivos, así como la efectividad de comunicación que se tenga con la relación patrón-empleado, se espera que el impacto sea estimulante y cada vez integren actividades que enriquezcan la seguridad e higiene y al final esto permitirá con base a evaluación, redefinir decisiones que conlleven crecimiento.

Capítulo 3. Resultados.

3.1 Resultados del diagnóstico inicial.

Los sistemas prefabricados ofrecen una serie de ventajas derivadas de trasladar un proceso de construcción en sitio a un proceso industrializado llevado a cabo en un lugar destinado para ello. Una vez terminadas las piezas son enviadas al lugar de montaje para su colocación.

La empresa en estudio proporciono la base de datos que registró en la clasificación accidente de trabajo ante el IMSS durante el periodo del año 2011 y es mostrada en la Tabla 3.1, esta información es el punto de partida en el desarrollo de este estudio.

La clasificación de las causas de incapacidad de la Tabla 3.1, fueron tomadas de acuerdo a cinco criterios explicados en la Tabla 3.2.

Actualmente existen varias técnicas para evaluar situaciones que causan problemas a las empresas, entre ellas está el Análisis de Pareto, el cual mediante una distribución acumulada proporcionó la información necesaria para identificar las causas vitales de la Tabla 3.2 y llevar a cabo la planeación para la toma de decisiones adecuada. Con ayuda del software Excel 2012 se construyó la Gráfica 3.1, correspondiente a la base de datos de la empresa, en esta se describe con detalle el número de casos para personal considerado de reciente ingreso y de planta.

Tabla 3.1. Accidentes reportados por la empresa al IMSS en 2011.

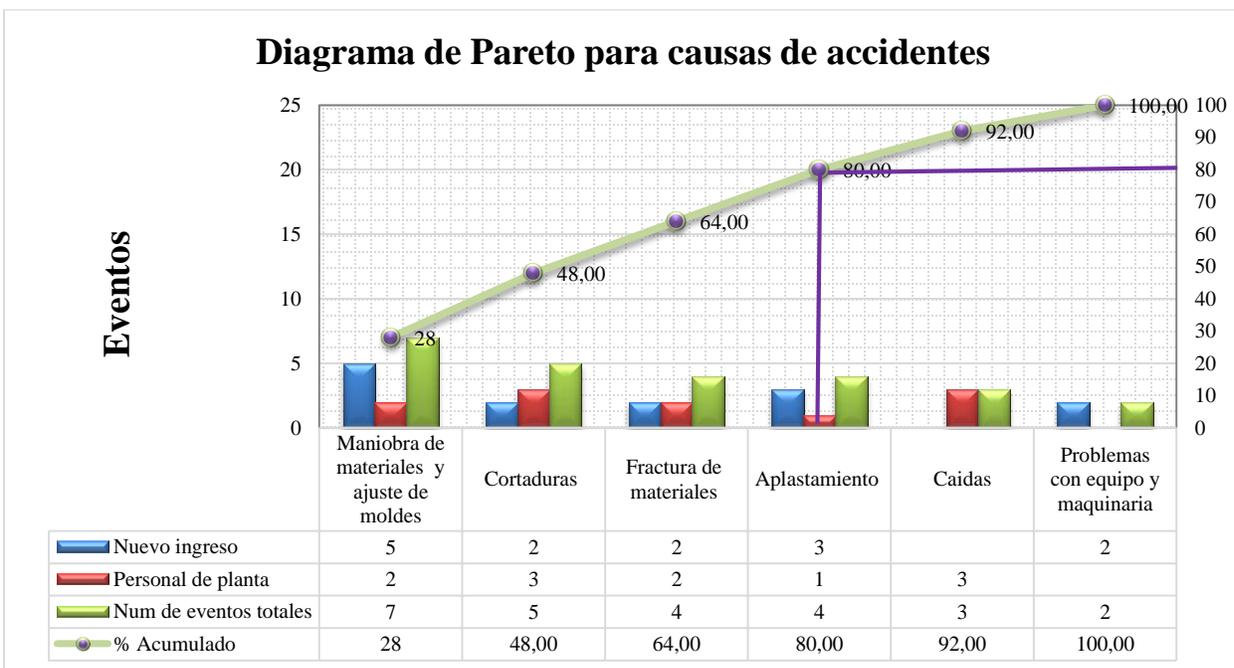
Trabajador	Antigüedad en la empresa (Días)	Incapacidad (Días)	Causa de incapacidad
a	2	5	Fractura de materiales
b	5	63	Problemas con equipo y maquinaria
c	7	12	Aplastamiento
d	10	7	Maniobra de materiales y ajuste de equipo
e	10	8	Cortaduras
f	11	11	Maniobra de materiales y ajuste de equipo
g	12	14	Cortaduras
h	15	75	Aplastamiento
i	17	14	Maniobra de materiales y ajuste de equipo
j	21	17	Problemas con equipo y maquinaria
k	26	6	Fractura de materiales
l	27	13	Maniobra de materiales y ajuste de equipo
n	28	15	Aplastamiento
ñ	30	22	Maniobra de materiales y ajuste de equipo
o	33	10	Cortaduras
p	39	11	Caídas
q	40	20	Cortaduras
r	50	46	Cortaduras
s	57	32	Maniobra de materiales y ajuste de equipo
t	77	16	Fractura de materiales
u	111	6	Maniobra de materiales y ajuste de equipo
v	138	4	Aplastamiento
w	148	7	Caídas
x	335	19	Fractura de materiales
y	531	11	Caídas

Fuente: elaboración propia (2013).

Tabla 3.2. Clasificación de accidentes.

Clasificación	Causa de accidente
Fractura de materiales	Rebaba de varilla en ojos, pedazos de concreto sueltos por la acción de golpes en alguna estructura, en general desprendimiento de material por la acción de golpes.
Problemas con equipo y maquinaria	Falla de maquinaria, sujeción errónea de herramienta, falta de capacitación para operar maquinaria.
Maniobra de materiales y ajuste de moldes	Movimiento de materiales de un punto a otro, armado y desarmado de moldes, falta de equipo de protección, descuido en comportamiento de inercia de materiales en movimiento, falta de comunicación al desplazar materiales.
Cortaduras	Clavos y varillas con filo expuestos, aberturas ocasionadas por equipo de corte.
Aplastamiento	Parte del cuerpo atrapado por material o maquinaria causando pérdida de tejido, fractura o esguince, y trauma físico de consideración.
Caídas	Apoyo en elementos semifijos y malas condiciones de suelo.

Fuente: elaboración propia (2013).



Gráfica 3.1. Importancia de la causa de accidentes de acuerdo a clasificación

Fuente: elaboración propia (2013)

Con la información obtenida en la Gráfica 3.1, se puede apreciar que las causas vitales de la problemática son cuatro situaciones y que al controlarlas se evitaría el 80% de los accidentes puesto que son prevenibles. La información adecuada del uso del equipo de seguridad, así como implementación de cursos para el manejo de maquinaria de corte y traslado de materiales de forma segura, son imprescindibles. Por otro lado la supervisión del cumplimiento y el otorgamiento del equipo de seguridad de forma constante reducirían la aparición de incidentes. A manera de ejemplo, en el caso de accidente por fractura de materiales, y que un trabajador sufre daños a la vista por una rebaba de material metálico, el costo de las gafas de protección que pudo haber evitado el problema, contra el costo del salario diario integrado que paga el IMSS, es despreciable. En este caso pierden ambas partes; por una el trabajador dañando no solo su salud física, ya que su entorno social (familia) es afectado por los motivos de su incapacidad y por otro lado el patrón se ve seriamente afectado porque la producción planificada no se lleva a cabo en tiempo y forma representando pérdidas para la compañía, aunado a la percepción del resto de los trabajadores al sentir desconfianza en realizar sus actividades laborales y no contar con la protección necesaria y así mitigar parte del riesgo de su profesión.

En la Tabla 3.3, se presenta un análisis FODA, que es una metodología para analizar las características internas y externas de una empresa. Se realizó con el apoyo del personal de la empresa y tuvo como finalidad apoyar nuestro estudio y lograr visualizar el panorama de la problemática en general.

Dentro de las fortalezas que tiene la empresa, es su personal con alta especialización en el diseño y fabricación de estructuras, lo cual ha permitido que su marca tenga presencia en distintos escenarios del mercado. Con relación a las áreas de oportunidad que tiene que observar, es la inadecuada señalización de lugares de riesgo, la necesidad de un servicio médico que pudiera atender de forma inmediata cualquier tipo de siniestro que ocurriera en la empresa, informar de forma constante al personal acerca del uso correcto del equipo de seguridad, con lo cual lograríamos incluso disminuir algunas lesiones.

Las debilidades que tienen que ser atendidas de inmediato, son los materiales resguardados en el almacén por que no están clasificados de acuerdo a su grado de peligrosidad, además de realizar mantenimiento completo a las instalaciones eléctricas que proveen de energía a las diferentes áreas. Con respecto a las amenazas se observó que en determinado tiempo es posible tener algún retroceso en la producción esto debido a que no se cuenta con el suficiente personal capacitado para operar todas las áreas, ejemplo de esto, son los operadores de maquinaria pesada.

Tabla 3.3. Análisis FODA

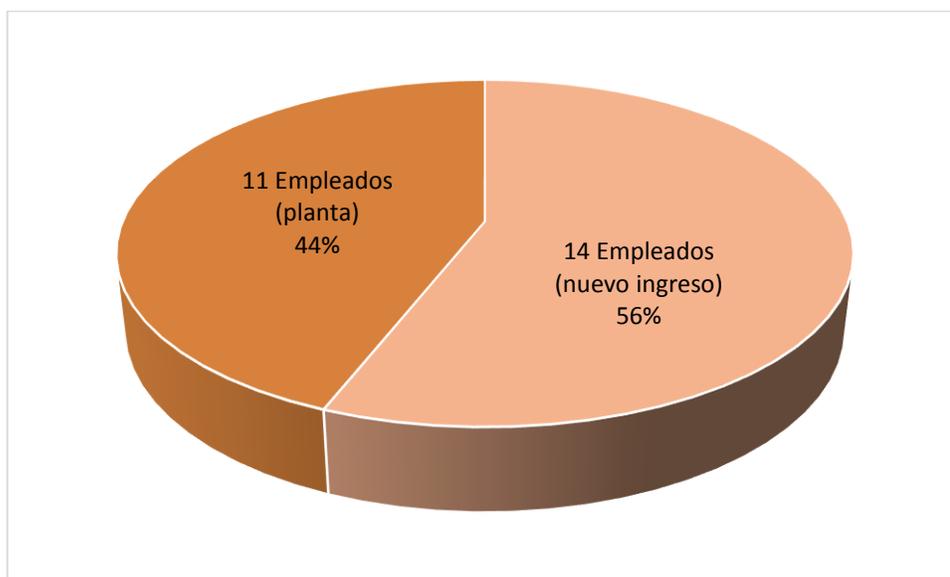
FORTALEZAS	OPORTUNIDADES
<p>La empresa cuenta con Ingenieros altamente capacitados. Buena organización e integración del personal. Vigilancia continúa de las áreas por personal de seguridad. Cuentan con servicio de Comedor para el beneficio de los trabajadores. Cuentan con servicios básicos, como son: agua, luz, sanitario. La empresa otorga prestaciones de ley. Cuenta con salidas de emergencia.</p>	<p>Señalamientos de seguridad e higiene adecuados. Solicitar servicio de enfermería. Fomentar el respeto continuo Patrón-Trabajador. Fomentar la comunicación efectiva entre las diferentes áreas de trabajo. Abastecimiento de equipo de protección personal completo. Fomentar el cuidado de herramientas y equipo de trabajo Dar a conocer al personal las Normativa y Leyes que rigen a los trabajadores. Realizar auditorías de seguridad e higiene.</p>
DEBILIDADES	AMENAZAS
<p>El personal no cuenta con equipo de protección completo. Uso inadecuado del equipo de protección personal. Desconocimiento de normativa de seguridad por parte del personal. Instalaciones en mal estado. Pocas señales de seguridad. No cuentan con servicio médico de planta. No cuentan con brigada de primeros auxilios. No cuentan con material y medicamentos para el área médica. No cuentan con equipo anti-incendios. Reducción de espacio en almacén por mantener equipo de cómputo e industrial no utilizable. Archivo muerto desde hace 10 años en el almacén. Peligro de accidente por desperdicio de material de construcción almacenado. Maquinaria sin mantenimiento. Mala instalación eléctrica.</p>	<p>Actualmente los contratos obtenidos para obra están decreciendo debido a la situación económica del país. La falta de capacitación a su personal podría colapsar su desempeño. La falta del cumplimiento de la normatividad podría tener consecuencias económicas importantes. No existe personal calificado que pudiera cubrir algunas áreas de operación en caso de faltar los titulares de las mismas.</p>

Fuente: elaboración propia (2013)

3.1.1 Resultados de la variable “capacitación”

Analizando la Tabla 3.1 se observa que de los 25 trabajadores que enfrentaron problemas en sus actividades, 14 de ellos eran de reciente ingreso. Esto de acuerdo al criterio de la empresa, la cual toma como referencia que un empleado de reciente ingreso tiene un periodo continuo de trabajo de al menos de 30 días, después de este tiempo, la empresa considera que el trabajador ha adquirido las habilidades necesarias para desarrollar su trabajo.

Los 14 empleados equivalen al 56%, cifra que demuestra que aún no tienen las habilidades necesarias para desempeñar actividades dentro de la empresa, esto debido a una deficiente capacitación, información del proceso, así como el uso inadecuado del equipo de seguridad, de acuerdo al tipo de accidente presentado, según la clasificación de la Tabla 3.2.



Gráfica 3.2 Índice de accidentes por falta de capacitación.

Fuente: elaboración propia (2013)

La Tabla 3.4 muestra la relación de empleados que presento accidentes por incumplimiento de una NOM en específico. Esto según los datos proporcionados por la empresa y el análisis realizado, los campos sin marcas corresponden a los casos en que se relacionan con una NOM

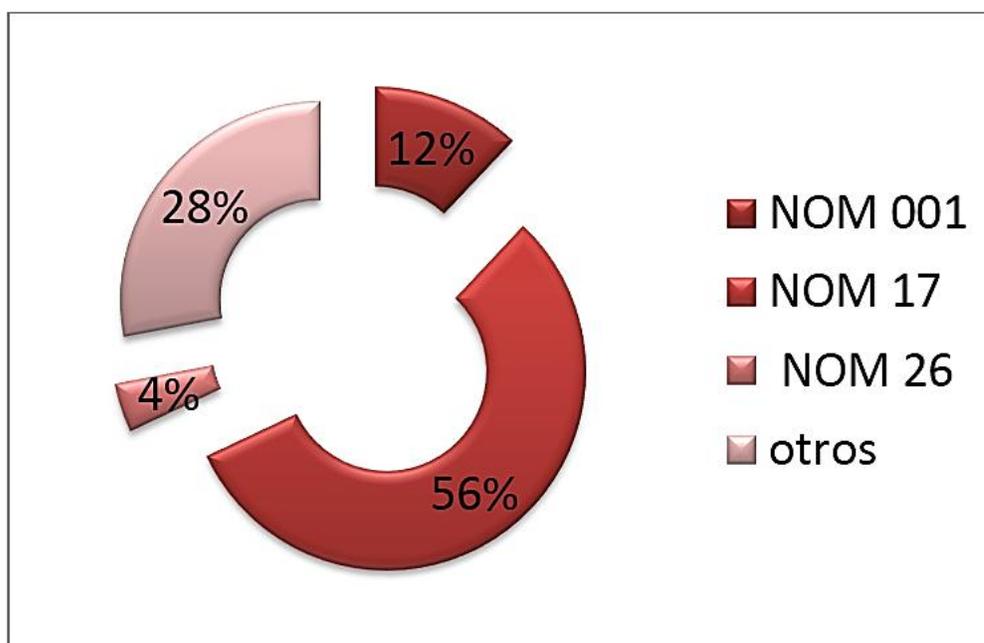
que no aplican para este estudio, pero que también son tomados en cuenta, debido a su participación en el índice de accidentes.

Tabla 3.4. Clasificación de accidentes, por incumplimiento de NOM específica.

Trabajador	NOM 001	NOM 017	NOM 026	Otros
a		X		
b		X		
c		X		
d		X		
e	X			
f				X
g				X
h		X		
i				
j			X	
k		X		
l				X
n		X		
ñ		X		
o		X		
p	X			
q	X			
r		X		
s		X		
t				X
u				X
v		X		
w		X		
x		X		
y				X
Total	3	14	1	
Porcentaje	12 %	56 %	4 %	28%

Fuente: elaboración propia (2014)

De los 25 casos de accidentes reportados 7 de ellos no tuvieron que ver con la reglamentación de la normatividad, lo que equivale al 28%, estos se debieron al descuido del trabajador o a los accidentes que no pudieron ser evitados con instalaciones, equipo o señalamiento de seguridad e higiene. Por lo tanto de acuerdo a los datos de la Tabla 3.4 los casos que podrían ser prevenibles, fueron 18, esto es el 72%, si es que la reglamentación se estuviera cumpliendo.



Gráfica 3.3. Representación de Tabla 3.1

Fuente: elaboración propia (2014)

3.2 Resultados para el escenario problemático.

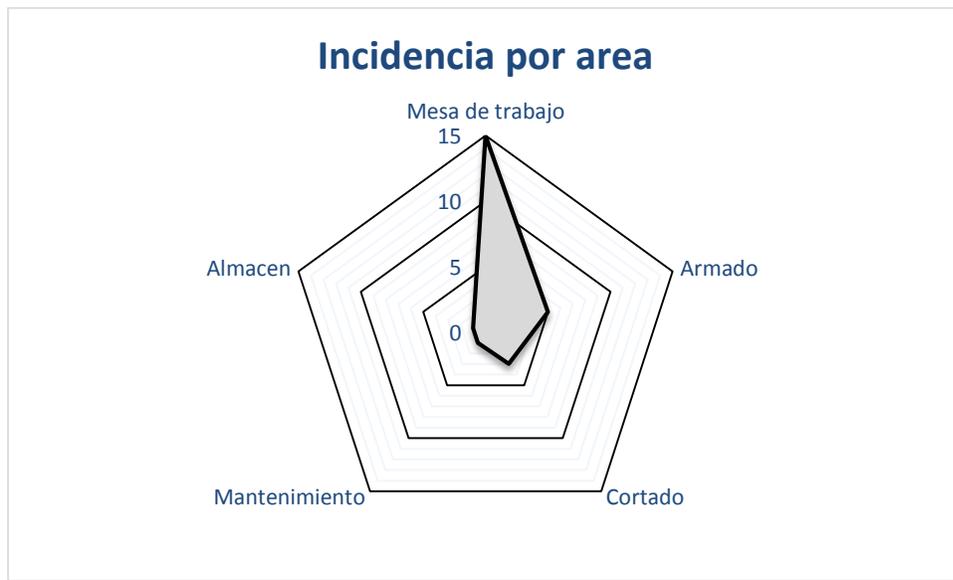
De acuerdo a los resultados obtenidos con relación a los trabajadores de Tabla 3.1, se procede a identificar cuáles fueron las áreas en donde cada uno sufrió accidente, esto se da a conocer en la Tabla 3.5.

Tabla 3.5. Clasificación de accidentes por área de incidencia.

Área	Empleados															Total
Mesa de trabajo	b	c	d	e	h	ñ	o	p	q	s	t	v	w	x	y	15
Armado	a	f	g	i	u											5
Cortado	j	k	r													3
Mantenimiento	n															1
Almacén	l															1

Fuente: elaboración propia (2013)

Para una mejor percepción de La Tabla 3.5 se construyó La Grafica 3.4.



Gráfica 3.4. Áreas de incidencia de accidentes

Fuente: elaboración propia con datos de la Tabla 3.4 (2013)

La tendencia de eventos se inclina en primer lugar a las mesas de trabajo, en donde se han presentado la mayor parte de accidentes, por lo cual se decidió atacar con la metodología HAZOP, la cual mediante su matriz de riesgo, ayudo a ahondar en las causas y consecuencias que corresponden a dos de las variables de estudio “actos y ambiente inseguro”.

Por otra parte, el accidente reportado por mantenimiento de acuerdo a la Tabla 3.5, fue ocurrido cuando se realizaban actividades de inspección a la red eléctrica en el área soldadura, que aunque solo tuvo que ver con una persona y esta, no presento daños considerables, los daños a la instalación tuvieron repercusiones económicas considerables, esto debido a que la red no contaba con los elementos adecuados para su funcionamiento, por este motivo se determinó que se aplicará la metodología de árbol de fallo para evaluar cuantitativamente la probabilidad de fallo de la instalación, de acuerdo a los elementos presentes y así medir la variable de estudio que definimos como riesgo.

3.3 Resultados del método cualitativo HAZOP

La industria de la construcción en la necesidad de satisfacer obras que requieren de grandes dimensiones, disminución de tiempo así como de costos; ha desarrollado tecnología e investigación para ofrecer una gama de servicios de calidad y de alta especialidad. Una de estas, es la referente a las mesas de presfuerzo, mediante las cuales se elaboran elementos prefabricados. En esta sección se presenta un análisis de riesgo cualitativo mediante la metodología HAZOP (Hazard and Operability Studies) con la finalidad de identificar desviaciones de instalaciones y por errores humanos y así determinar actos y ambientes inseguros. Se pretende que este estudio sirva de apoyo a futuros trabajos para identificar peligros y fallas en la operabilidad de las instalaciones, siendo estas últimas de gran importancia, debido a los diversos factores que implican su construcción y seguridad para el personal que las opera.

Algunos de los objetivos de los elementos prefabricados son garantizar la seguridad estructural, la disminución del tiempo de obra, elaborar claros más grandes y por supuesto eliminar gastos innecesarios. Esto se lleva a cabo gracias a una excelente coordinación de planeación e ingeniería de detalle en donde intervienen actividades de diseño y fabricación de moldes, adecuación de planta, determinación de la capacidad productiva, etc.

La metodología HAZOP ayudara a identificar los riesgos potenciales o incluso la problemática de operabilidad que esta presentando un proceso, esto es, revisando el diseño de su instalación y los procedimientos de fabricación utilizados así como las interacciones entre los trabajadores y el equipo de trabajo. Una vez terminado se determinara si las desviaciones pueden crear peligros significativos.

El análisis de riesgo se enfocó en las operaciones realizadas en la prefabricación de elementos, con la finalidad de identificar las desviaciones en las instalaciones, así como en las actividades que implican riesgo debido a que no se ejecuta la tarea en forma segura. A continuación se presenta el desarrollo de esta metodología, de acuerdo al tema HAZOP

numerado 1.2.9 en este estudio. Se determinaron 6 etapas de desarrollo y los resultados correspondientes.

1. Descripción de la instalación.

El presente estudio analiza el uso actual de una mesa de trabajo de presfuerzo, en donde se combinan diversos procedimientos de fabricación de elementos prefabricados, dicha mesa se describe en la Figura 3.1.

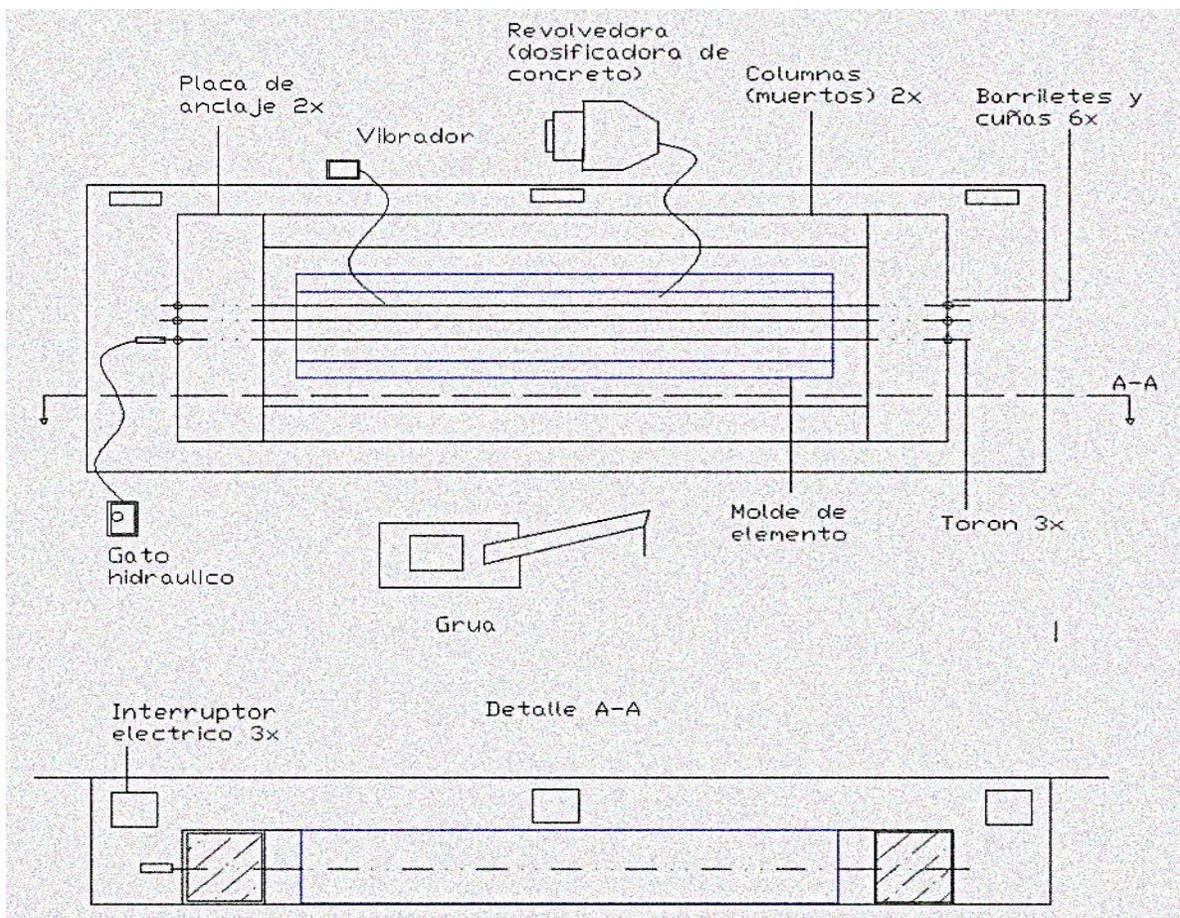


Figura 3.1. Mesa de trabajo de presfuerzo.

Fuente: elaboración propia (2013)

2. Objetivo y alcance.

Identificar los peligros utilizando la metodología HAZOP para los posibles accidentes derivados de una desviación de las variables del proceso, con respecto a los parámetros normales de operación en las instalaciones.

3. Nodos de estudio.

El proceso de fabricación está definido en 7 etapas las cuales serán nuestros nodos de estudio.

- a) Preparación del molde: nivelación y soldado de partes de molde según necesidades de tamaño de pieza a fabricar, limpieza, y aplicación de desmoldante para evitar la adherencia con el concreto fresco y lograr una pieza que no presente daños.
- b) Colocación de acero de refuerzo y estructural: de acuerdo a las especificaciones de la pieza se colocan las estructuras de varilla previamente armadas en la fábrica, con la ayuda de una grúa.
- c) Colocación y tensado de torón: se colocan tapas en los extremos del molde, las cuales tienen orificios que permiten que el alambre pueda ser fijado a la placa de anclaje y que mediante el uso de cuñas y barriletes, evitara el desplazamiento longitudinal en el sentido contrario al deseado, para posteriormente tensar con la ayuda de un gato hidráulico. El alambre es cortado y tensado según especificaciones técnicas de aplicación.
- d) Colado y vibrado: mediante un camión dotado de una revolvedora, es suministrado el concreto necesario para llenar la pieza, durante esto se hace un vibrado por inmersión para lograr un mayor contacto entre los granos de la mezcla y así eliminar la mayor cantidad de aire atrapado en la pieza durante el vaciado.
- e) Cubierta con lonas y curado: en el curado se aplica vapor a la pieza y con este logramos que el concreto acelere las reacciones químicas para tener un concreto

resistente y durable y con la lona evitamos la deshidratación de la superficie además de la contaminación de cualquier otro elemento que pudiera dañar la pieza

- f) Cortado de torones: esto sucede cuando liberamos del presfuerzo que aplicamos mediante la placa de anclaje y ocurrirá cuando la resistencia de compresión del concreto sea entre el 70 y 80% dependiendo de la aplicación.
- g) Extracción del molde: la pieza cumple con las características técnicas de diseño y calidad por lo cual se procede a desmoldar, esta provista de ganchos que servirán para su manejo y traslado, con ayuda de grúas y tracto camiones.

4. Establecer las variables de estudio y las palabras guía.

Para este estudio se contó con la colaboración de 3 personajes importantes dentro de la empresa, el ingeniero de proceso, el técnico de seguridad e higiene, un subcontratista y como coordinadores del estudio los autores del presente trabajo de tesis. Para cada nodo se eligieron las variables y palabras guía que aplicaban para cada una de las desviaciones, las cuales fueron definidas por el equipo de trabajo de acuerdo a la Tabla 3.6 y la Tabla 3.7 respectivamente. Cabe resaltar que en el caso de la variable de estudio “actos y ambiente inseguro” que se definió anteriormente y que se medirán de forma conjunta, se decidió separar para el estudio HAZOP con la finalidad de ahondar en el descubrimiento de las causas que las ocasionan, y al final los índices serán sumados y tratados como un acumulado.

Tabla 3.6. Variables consideradas para el estudio HAZOP.

VARIABLES DE ESTUDIO
Actos seguros.
Ambiente seguro.
Inspecciones.
Riesgos físicos.
Riesgos químicos.
Mantenimiento preventivo y correctivo.

Fuente: elaboración propia (2013)

Tabla 3.7. Definición de las palabras guía.

PALABRAS GUIA	SIGNIFICADO
No	La intención del diseño no se cumple.
Inverso	Ocurre cuando se produce lo opuesto a la intención del diseño.
Parte de	Solo se cumple una parte de la función del diseño.
Mas	Aumento cuantitativo con respecto a la intención del diseño.
En vez de	Sustitución de la actividad por otra errónea.

Fuente: elaboración propia (2013)

5. Establecer las posibles desviaciones en las instalaciones y las cometidas por error humano.

El equipo de trabajo, discutió cuales son actualmente y cuáles podrían ser los peores escenarios que probablemente ocurrirían en el área.

6. Identificar posibles causas de cada desviación, las consecuencias, así como sus medidas correctivas.

La Tabla 3.8, presenta la metodología HAZOP desarrollada para los nodos determinados en el punto 3.

Tabla 3.8. Desarrollo de Metodología HAZOP para mesa de trabajo de presfuerzo.

Nodo	Variable	Palabra guía	Desviación (instalaciones)	Desviación (error humano)	Causas posibles	Consecuencias posibles	Comentarios y medidas correctoras	
1.Preparación del molde	Actos seguros	no		El personal no usa equipo de seguridad	El personal desatiende medidas de seguridad	Quemaduras en manos, cortes con materiales punzocortantes	Implementar plan de cumplimiento de normativa de seguridad	
		no		El personal no atiende recomendaciones de seguridad	No hay exigencia de cumplimiento de la normativa de seguridad	Accidentes diversos	Implementar plan de cumplimiento de normativa de seguridad	
		parte de		Personal con deficiencias en conocimientos	Falta de capacitación	Errores en la operación de armado de molde	Plan de capacitación que incluya a contratistas y personal de planta	
	Ambiente seguro	no		La mesa de trabajo tiene residuos de concreto y otros materiales		Residuos de trabajos anteriores	Afectaciones de calidad al elemento	El área debe estar en orden y limpieza durante y después de la jornada laboral
		no		No existen señalamientos de seguridad		No se conoce la NOM de señalización	Desconocimiento de las áreas de riesgo	Crear y capacitar a la comisión de seguridad e higiene
		parte de		El área no está acondicionada para trabajar		Presencia de basura e instalaciones eléctricas en mal estado	Peligro de ignición y accidentes para operadores	El área debe estar en orden y limpieza durante y después de la jornada laboral
		no			No hay señalización de seguridad en el área	No se conoce la NOM de señalización	Desconocimiento de las áreas de riesgo	Crear y capacitar la comisión de seguridad e higiene
	Inspecciones	no		No se verifica el estado físico del molde		La responsabilidad es delegada a subordinados	Colapso de molde	Realizar inspecciones de calidad
		no			El personal no supervisa	Exceso de responsabilidades para el personal	Mala calidad	Realizar inspecciones de calidad
	Riesgos físicos	parte de		El molde puede colapsar por deterioro o mal armado		Mala sujeción de elementos	Perdida de material	Realizar inspecciones de calidad

Nodo	Variable	Palabra guía	Desviación (instalaciones)	Desviación (error humano)	Causas posibles	Consecuencias posibles	Comentarios y medidas correctoras
	Riesgos químicos	mas	Uso excesivo de desmoldante		El operador no sabe aplicar la sustancia al molde	Desperdicio y escurrimiento de la sustancia por sus extremos	Plan de capacitación que incluya a contratistas y personal de planta
		en vez de		Contaminación de área	El operador vierte el sobrante dentro de la mesa de trabajo	Riesgo de caídas o accidentes del personal	Limitar la cantidad de desmoldante que se da al aplicador
	Mantenimiento preventivo y correctivo	no	El área esta descuidada		Falta limpieza y orden, así como elementos eléctricos	Corto circuito, pérdida de equipo costoso	Implementar y dar seguimiento al plan de mantenimiento preventivo y correctivo
		parte de	El área tiene algunos problemas de encharcamiento		No existen condiciones de drenado adecuado	Probable combinación de eventos con deficiente instalación eléctrica	Implementar y dar seguimiento al plan de mantenimiento preventivo y correctivo
		no		Personal no realiza actividades de mantenimiento	No tiene los elementos de reparación	Pérdida total o parcial de equipo de trabajo y personal	Implementar y dar seguimiento al plan de mantenimiento preventivo y correctivo
2.Colocacion de acero de refuerzo	Actos seguros	parte de		El personal no usa equipo	El personal desatiende medidas de seguridad	Lesiones por aplastamiento con la estructura	Implementar plan de cumplimiento de normativa de seguridad
	Ambiente seguro	no	No se delimita el área de maniobra		No se cuenta con indicadores de advertencia	Lesiones por aplastamiento con la estructura	Crear y capacitar la comisión de seguridad e higiene
		no	El área no está delimitada adecuadamente		No se conoce la NOM de señalización	Desconocimiento de las áreas de riesgo	Crear y capacitar la comisión de seguridad e higiene
	Riesgos físicos	parte de		Daño a la estructura armada	El maniobrista y el operador de la grúa no se comunican	Podrían tirar la estructura	Plan de capacitación que incluya a contratistas y personal de planta
		inverso	Mala colocación de estructura		La grúa podría hacer chocar la estructura con algo	Daños a la estructura armada	Delimitar el área de maniobras
		parte de	La estructura puede dañarse por una mala colocación		Los ganchos de la grúa no fueron colocados correctamente	Deformación de estructura	Colocar seguros a los ganchos
3.Colocacion y tensado de torón	Actos seguros	no	El sistema eléctrico no tiene los elementos adecuados		Faltan fusibles en los interruptores de seguridad	Descargas eléctricas y daño a equipo de trabajo	Implementar y dar seguimiento al plan de mantenimiento preventivo y correctivo

Nodo	Variable	Palabra guía	Desviación (instalaciones)	Desviación (error humano)	Causas posibles	Consecuencias posibles	Comentarios y medidas correctoras
		no		Sin equipo de protección personal	El personal desatiende medidas de seguridad	El torón podría fracturarse y causar daños a los trabajadores	Implementar plan de cumplimiento de normativa de seguridad
	Ambiente seguro	no	El área está sucia		No se realiza levantamiento de escombros y residuos de materiales	Falta de espacio para realizar trabajos adecuadamente	El área debe estar en orden y limpieza durante y después de la jornada laboral
		inverso		Cuando se tensa el alambre no se informa al resto de los trabajadores del peligro de fractura	Desinformación del riesgo presente	El trabajador desconoce del riesgo que implica sus actividades	Plan de capacitación que incluya a contratistas y personal de planta
		parte de	La instalación eléctrica presenta deficiencias		El cableado no está totalmente aislado en ductos	Descargas eléctricas y daño a equipo de trabajo	Implementar y dar seguimiento al plan de mantenimiento preventivo y correctivo
		no		El trabajador no sujeta adecuadamente el torón a la placa	El operador no se percata de que los barriletes y cuñas se encuentran en mal estado	No hay sujeción de alambre a los extremos	Implementar y dar seguimiento al plan de mantenimiento preventivo y correctivo
	Inspecciones	en vez de	No se desaloja el área para tensar el torón		Falta de comunicación entre trabajadores	El torón podría fracturarse y causar daños a los trabajadores	Crear y capacitar a la comisión de seguridad e higiene
		no		No se supervisan las actividades	Las actividades no están debidamente coordinadas	Exceso de responsabilidades en supervisión	Análisis de carga de trabajo y distribución adecuada de responsabilidades
	Riesgos físicos	mas	El torón puede romperse por la tensión		El tensado rebasa los límites, el material presenta deficiencias	Puede causar accidentes por el golpe de inercia a los trabajadores	Solicitar pruebas mecánicas de material al fabricante de torón
		parte de	Los barriletes no sirven		Deterioro	El elemento falla y libera la tensión del alambre	Realizar inspecciones de calidad
	Mantenimiento preventivo y correctivo	parte de	El equipo utilizado no está calibrado		El equipo funciona pero no existe registro de mantenimientos	No se sabe con certeza que las lecturas sean correctas	Implementar y dar seguimiento al plan de mantenimiento preventivo y correctivo
4. Colado y vibrado	Actos seguros	no	El área está contaminada de basura		No se le da mantenimiento al área	Caídas	El área debe estar en orden y limpieza durante y después de la jornada laboral

Nodo	Variable	Palabra guía	Desviación (instalaciones)	Desviación (error humano)	Causas posibles	Consecuencias posibles	Comentarios y medidas correctoras
		parte de		El personal puede caer al área de colado	No utiliza calzado de seguridad	Caídas	Implementar plan de cumplimiento de normativa de seguridad
	Ambiente seguro	no	La instalación eléctrica presenta deficiencias		Faltan fusibles en los interruptores de seguridad	Descargas eléctricas y daño a equipo de trabajo	Implementar y dar seguimiento al plan de mantenimiento preventivo y correctivo
		parte de	El área no está delimitada adecuadamente		Regularmente solo se encuentra personal de colado	Cualquier trabajador tiene acceso libre y podría interferir en las labores	Crear y capacitar la comisión de seguridad e higiene
		no		El personal no está protegido con equipo	El personal desatiende medidas de seguridad	Lesiones en pies y manos, como cortes o machucones	Implementar plan de cumplimiento de normativa de seguridad
	Inspecciones	no	La pieza guarda bolsas de aire		La pieza no fue vibrada	El concreto no cubre toda la pieza y puede tener debilidad estructural	Realizar inspecciones de calidad
	Riesgos físicos	parte de	El molde falla por mala sujeción		No fue armado correctamente	Perdida del elemento	Realizar inspecciones de calidad
	Mantenimiento preventivo y correctivo	no	El sistema eléctrico es deficiente		Faltan fusibles en los interruptores de seguridad	Descargas eléctricas y daño a equipo de trabajo	Implementar y dar seguimiento al plan de mantenimiento preventivo y correctivo
5.Cubierta con lonas y curado	Ambiente seguro	no	La lona presenta deterioro		Termino ciclo de servicio	No cumple función de aislante del medio ambiente	Implementar y dar seguimiento al plan de mantenimiento preventivo y correctivo
		no	No hay señalamientos de seguridad		No se conoce la NOM de señalización	La pieza puede sufrir daños por descuidos	Crear y capacitar la comisión de seguridad e higiene
	Inspecciones	parte de		La pieza no es cubierta correctamente	El personal no sujeta la lona	No cumple función de aislante del medio ambiente	Plan de capacitación que incluya a contratistas y personal de planta
		no		No se verifica que se tape y cure correctamente	La responsabilidad es delegada a subordinados	La pieza no cumple el procedimiento de calidad	Realizar inspecciones de calidad
	Riesgos físicos	parte de	La pieza no fue cubierta		El personal no realiza la tarea	La pieza no cumple el procedimiento de calidad	Realizar inspecciones de calidad

Nodo	Variable	Palabra guía	Desviación (instalaciones)	Desviación (error humano)	Causas posibles	Consecuencias posibles	Comentarios y medidas correctoras
	Mantenimiento preventivo y correctivo	no	Revisión de equipo para curado y de cubierta		El personal de mantenimiento no informa del estado del equipo	El equipo no está en condiciones de ser utilizado	Implementar y dar seguimiento al plan de mantenimiento preventivo y correctivo
6.Cortado de torón	Actos seguros	no		El personal no tiene equipo de seguridad	El personal desatiende medidas de seguridad	Riesgo de quemaduras o presencia de cuerpos extraños en ojos	Implementar plan de cumplimiento de normativa de seguridad
	Ambiente seguro	no	Equipo de oxicorte está deteriorado		No se le da el uso adecuado	El equipo no está en condiciones de ser utilizado	Implementar y dar seguimiento al plan de mantenimiento preventivo y correctivo
		no	No existe información de peligros en el área		Deficiencia en información de riesgo	Desconocimiento de las áreas de riesgo	Crear y capacitar la comisión de seguridad e higiene
	Inspecciones	en vez de		No se verifica	La responsabilidad es delegada a subordinados	No se detectan riesgos de peligro	Crear y capacitar la comisión de seguridad e higiene
	Mantenimiento preventivo y correctivo	no	El equipo no opera eficientemente		El equipo funciona pero no existe registro de mantenimientos	El personal corre riesgo de que el equipo falle	Implementar y dar seguimiento al plan de mantenimiento preventivo y correctivo
7.Extracción del molde	Actos seguros	no		Los maniobristas no tienen equipo de seguridad	El personal desatiende medidas de seguridad	El operador de la grúa puede perder la visibilidad del maniobrista	Crear y capacitar la comisión de seguridad e higiene
	Ambiente seguro	no	El área de operación de la grúa no está delimitado		No se conoce la NOM de señalización	Desconocimiento de las áreas de riesgo	Crear y capacitar la comisión de seguridad e higiene
		no	Sin señalización de riesgos		No se conoce la NOM de señalización	Desconocimiento de las áreas de riesgo	Crear y capacitar la comisión de seguridad e higiene
	Inspecciones	no	El elemento aún está sujeto al molde		No fueron retirados los elementos de sujeción	El molde podría ser dañado al ser izado el elemento	Realizar inspecciones de calidad
	Riesgos físicos	parte de		El maniobrista y el operador de la grúa no se comunican	No conocen lenguaje de maniobra	La pieza puede sufrir daños o lastimar a un trabajador	Plan de capacitación que incluya a contratistas y personal de planta

Fuente: elaboración propia (2013)

HAZOP es una metodología multidisciplinaria que involucra a los expertos en la operación diaria de las actividades y son ellos los que van dando la dirección correcta al estudio, conocen las limitaciones y alcances que pueden lograr. Este estudio no termina con la identificación de los riesgos y desvíos de operaciones, todo este trabajo incluso podría ser desechado si no se cuenta con un líder que dirija adecuadamente la planeación de mejora.

3.3.1 Resultados de las variables “actos y ambientes inseguros”

La técnica HAZOP permite subdividir las operaciones de un proceso, en tantas pequeñas partes como sea necesario, para poder analizar de manera especial aquellas que entrañan un riesgo elevado. Es cierto que de manera general todos los procesos productivos conllevan un peligro y que incluso el índice de frecuencia pueda parecer despreciable, pero al tratarse de un problema que involucre la vida de los trabajadores, debe prestarse especial interés.

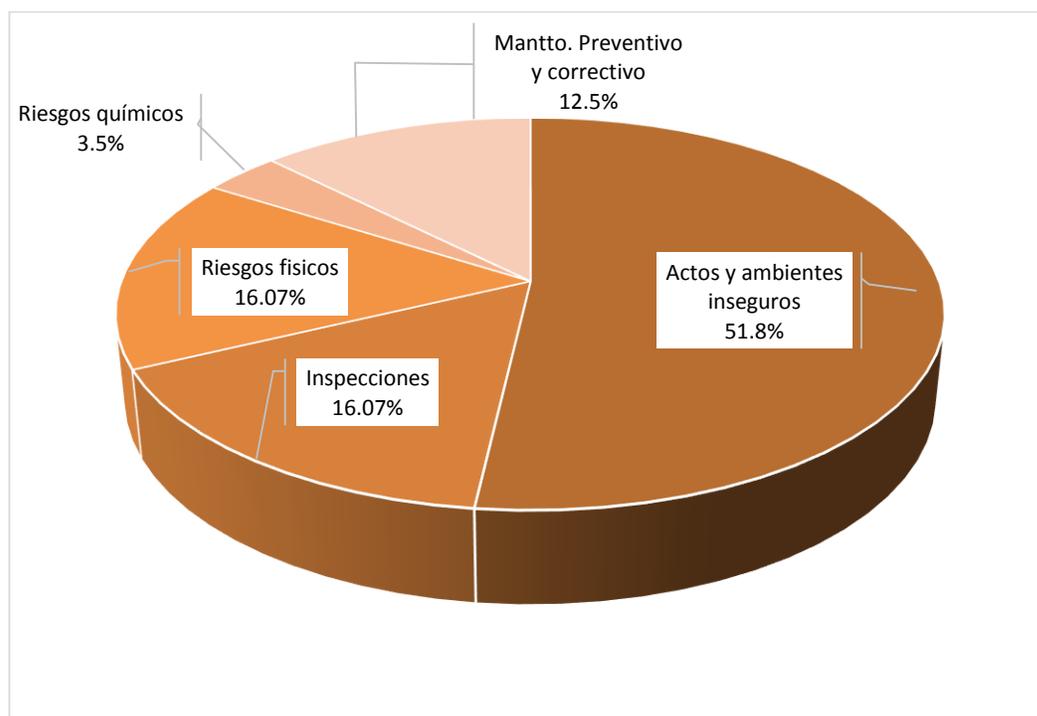
Se logró coordinar las decisiones de impacto para erradicar periódicamente las desviaciones del proceso, gracias a que el equipo de trabajo nombro un representante que será el encargado de realizar las acciones correspondientes. Los resultados obtenidos de este estudio son extensos y son presentados en términos de variables evaluadas en la Tabla 3.9. La suma de importancia acumulada que tienen las variables de estudio (Ambiente y actos seguros) corresponde al 51.8%, es decir, las desviaciones del ambiente y actos seguros presentes en la mesa de trabajo, son mayores al resto de las variables.

Las causas de estas desviaciones podrían ser solucionadas aplicando la normatividad recomendada en la hipótesis de este estudio, ya que el cumplimiento de señalamientos que alerten al trabajador del área de riesgo, equipo de seguridad a utilizar y las condiciones del centro de trabajo según norma, tendrían una repercusión importante de acuerdo a cifras obtenidas de la Tabla 3.9. Se demuestra así que excedemos el 40% de prevención propuesta en la hipótesis de este estudio.

Tabla 3.9. Resultados de variables del estudio HAZOP.

Variable	Desviación (instalaciones)	Desviación (error humano)	Total	Importancia (%)
Actos y ambientes inseguros	17	12	29	51.8
Inspecciones	4	5	9	16.07
Riesgos físicos	7	2	9	16.07
Riesgos químicos	1	1	2	3.5
Mantenimiento preventivo y correctivo	6	1	7	12.5
Total			56	100

Fuente: elaboración propia (2014)



Gráfica 3.5 Representación de Tabla 3.9

Fuente: elaboración propia (2014)

3.4 Resultados del método cuantitativo Árbol de fallas.

La instalación eléctrica que alimenta el área de soldadura, presenta algunos problemas de operación en la empresa, afortunadamente no ha tenido consecuencias lamentables que hayan tenido que ver con accidentes humanos, pero en el aspecto económico ha ostentado pérdidas importantes, por lo cual se ha optado por realizar un estudio a modo de fallos que pueda corregir estos problemas y que permita encontrar una alternativa de solución para modificar el riesgo presente.

La identificación de fallas con diagrama de árbol fue diseñado para aplicaciones en la industria nuclear y química, esto surgió como necesidad de controlar al máximo cualquier error que pudiera estar presente y eliminarlo ya que por el tipo de materiales peligrosos a manejar un fallo podría desencadenar eventos catastróficos.

Para ejercer el control en diversos sectores es necesario poder cuantificar, y en el caso del riesgo no es una excepción, solo que en este es indispensable conocer la frecuencia o probabilidad de fallo de sucesos que podrían ocasionar problemas, este es uno de los principales problemas de la evaluación de riesgos ya que son pocas las bases de datos que indican los valores de fiabilidad de componentes, por otra parte el fabricante se reserva el derecho de esta información solo para fines de mejora de calidad de su producto de forma interna, por lo que algunas tasas de fallo son estimadas por personal que tiene experiencia en mantenimiento y análisis de sistemas.

El análisis de los árboles de falla se lleva a cabo con bases matemáticas de probabilidad de ocurrencias y también es posible mediante el uso de herramientas estadísticas como el método Montecarlo. Con relación al método probabilístico es utilizada el álgebra de Boole que tiene las propiedades descritas en la Tabla 3.10.

Tabla 3.10. Propiedades del algebra de Boole

Algebra de Boole		
Nombre	Notación matemática	Notación técnica
Ley Distributiva	$X \cap (Y \cup Z) = (X \cap Y) \cup (X \cap Z)$	$X \cdot (Y + Z) = X \cdot Y + X \cdot Z$
	$X \cup (Y \cap Z) = (X \cup Y) \cap (X \cup Z)$	$X + Y \cdot Z = (X + Y) \cdot (X + Z)$
	$X \cap X = X$	$X \cdot X = X$
	$X \cup X = X$	$X + X = X$
Ley de Absorción	$X \cap (X \cup Y) = X$	$X \cdot (X + Y) = X$
	$X \cup (X \cap Y) = X$	$X + X \cdot Y = X$
Complemento	$X \cap X' = \varphi$	$X \cdot X' = \varphi$
	$X \cup X' = \Omega = I^*$	$X + X' = 1$
	$(X')' = X$	$(X')' = X$
Ley Conmutativa	$X \cap Y = Y \cap X$	$X \cdot Y = Y \cdot X$
	$X \cup Y = Y \cup X$	$X + Y = Y + X$
Teorema de De Morgan	$(X \cap Y)' = X' \cup Y'$	$(X \cdot Y)' = X' + Y'$
	$(X \cup Y)' = X' \cap Y'$	$(X + Y)' = X' \cdot Y'$
Ley Asociativa	$X \cap (Y \cap Z) = (X \cap Y) \cap Z$	$X \cdot (Y \cdot Z) = (X \cdot Y) \cdot Z$
	$X \cup (Y \cup Z) = (X \cup Y) \cup Z$	$X + (Y + Z) = (X + Y) + Z$
Operaciones con φ y Ω	$\varphi \cap X = \varphi$	$0 \cdot X = 0$
	$\varphi \cup X = X$	$0 + X = X$
	$\Omega \cap X = X$	$1 \cdot X = X$
	$\Omega \cup X = \Omega$	$1 + X = 1$

Fuente: elaboración propia (2014)

El análisis será realizado con ayuda del software para construcción de árboles de fallo OpenFTA, que es una herramienta de apoyo en el cálculo de análisis probabilístico y que ofrece la ventaja de que a través del diseño del árbol original, es posible también examinar los resultados con el método estadístico de simulación Montecarlo.

Para la obtención de la probabilidad del suceso top se lleva acabo:

1. La asignación de valores probabilísticos a los sucesos primarios.
2. Determinación de las combinaciones mínimas de sucesos primarios cuya ocurrencia simultánea garantiza la aparición del suceso *top* y se desarrollan conjuntos mínimos de corte (CMC).

Para el análisis de árbol de fallos, se sigue la metodología compuesta por 5 puntos descritos en la Figura 3.2, y será aplicada en dos ocasiones:

1. Análisis de la situación actual de la red de energía eléctrica y,
2. Análisis de la situación “propuesta de mejora”.

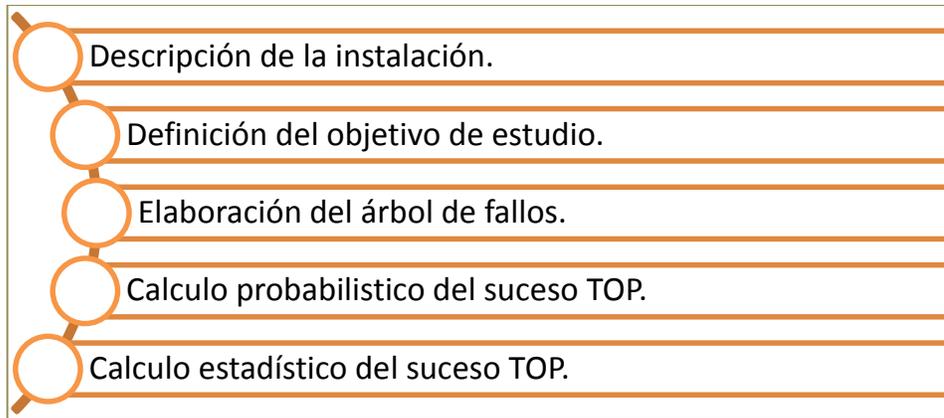


Figura 3.2 Metodología para evaluación de árbol de fallos.

Fuente: elaboración propia (2014)

3.4.1 Análisis de la situación actual de la red de energía eléctrica.

3.4.1.1 Descripción de la instalación

El caso de estudio corresponde a la instalación eléctrica del área de soldadura de la empresa de estudio y cuyo diagrama unifilar se presenta en la Figura 3.3, para esto se realizó la inspección al área de soldadura con el objetivo de trazar diagramas que representen la situación actual de la red de energía. La estación generadora, es Comisión Federal de Electricidad (CFE) que en Valle de México alimenta a razón de 23 KV a través de línea trifásica y es recibida por la empresa por un interruptor primario provisto de elementos de corte para evitar descargas, se necesita un reductor de tensión el cual se encuentra dentro de una subestación. Este reductor es de 500 KV a con su conexión a tierra, posteriormente se conecta al interruptor secundario

principal que también tiene elementos de protección y que está alimentando dos tableros, los cuales tienen la capacidad de abastecer a 16 máquinas de soldar, distribuidas según el diagrama unifilar. Las tasas de fallo de los elementos se ha obtenido de Lees Loss Prevention in the Process Industries (2005) que recoge algunas tasas de fallo de elementos, según distintas bases de datos y otras fueron estimadas con ayuda del personal de mantenimiento de la empresa.

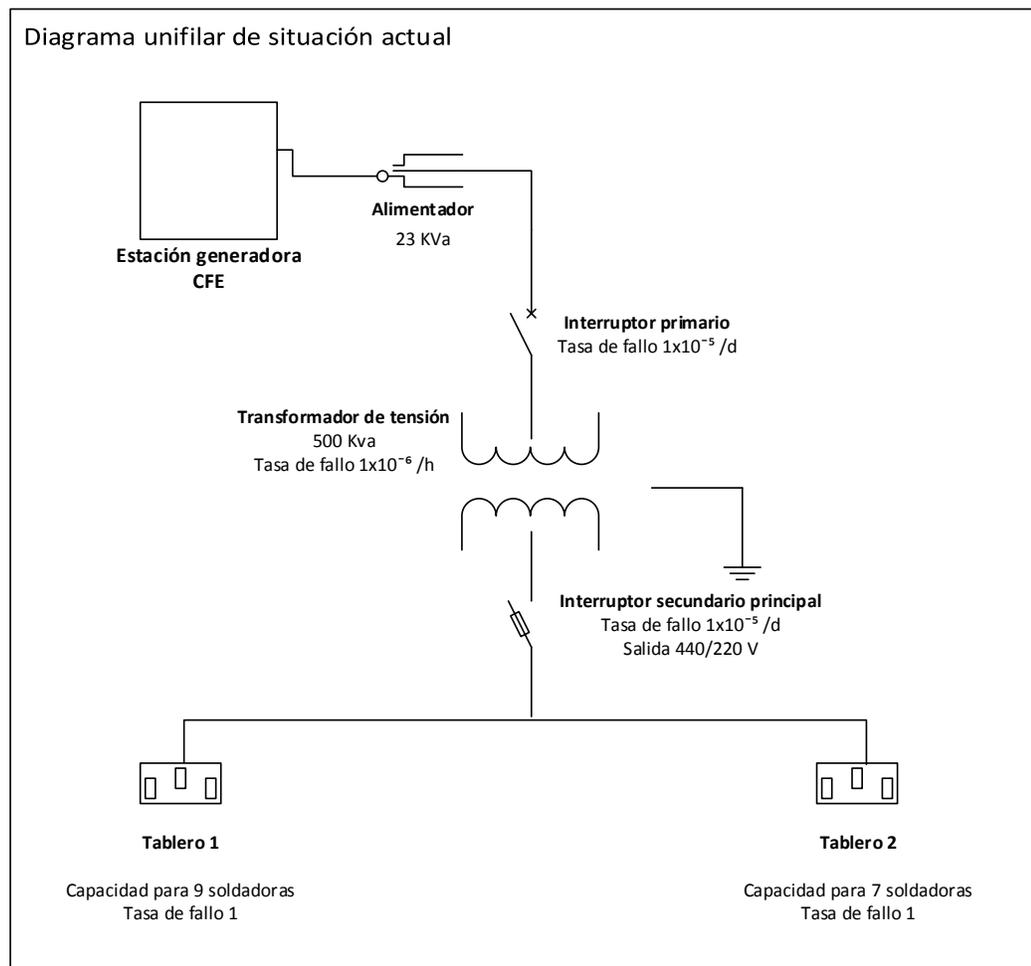


Figura 3.3. Diagrama unifilar de la situación actual.

Fuente: elaboración propia (2014)

3.4.1.2 Definición del objetivo del estudio.

Se requiere analizar la situación actual de la instalación eléctrica y la probabilidad de riesgo de que ocurra un paro de actividades debido a fallos de esta. El análisis será realizado con ayuda del software para construcción de árboles de fallo OpenFTA y con base a los resultados se generara una propuesta de mejora para disminuir errores en el funcionamiento de la red esto con 2 alternativas; análisis probabilístico y simulación Montecarlo.

3.4.1.3 Elaboración del árbol de fallos.

Con la información obtenida en los puntos 1 y 2, y con la ayuda del software OpenFTA se procede a construir el árbol de fallos de acuerdo con los elementos que caracterizan la instalación, y con su respectiva tasa de fallo según la Tabla 3.11, el árbol obtenido se muestra en la Figura 3.4, y es representado de acuerdo a la estructura descrita en la Tabla 1.5, de simbología de sucesos para los arboles de falla.

Tabla 3.11. Tasa de fallo de los elementos de la red eléctrica situación actual.

ID	Suceso	Tasa de fallo	Base	Tipo
A1	Falla de aislamiento o sujeción	4×10^{-3}	Estimada	Básico
B1	Falla del interruptor secundario principal	1×10^{-5} /d	Rasmussen report	Básico
B11	Falla del interruptor secundario principal	1×10^{-5} /d	Rasmussen report	Básico
C1	Elemento dañado	1	Estimada	Básico
D1	Conexiones múltiples	1.2×10^{-3}	Estimada	Básico
C11	Elemento dañado	1	Estimada	Básico
D11	Conexiones múltiples	1.2×10^{-3}	Estimada	Básico
E1	Equipo mal conectado	1.2×10^{-3}	Estimada	No desarrollado
F1	Falta de mantenimiento	8×10^{-3}	Estimada	Básico
F2	Falla del transformador	1×10^{-6} /h	Rasmussen report	Básico
G1	Falla del interruptor primario	1×10^{-5} /d	Rasmussen report	Básico

Fuente: elaboración propia (2014)

Para que se lleve a cabo un paro en las actividades debido a la falta de energía eléctrica ocurriría por dos sucesos intermedios el primero es por cortocircuito y tiene una causa primaria por falla en el aislamiento de los conductores o sujeción, además de otro suceso intermedio que hace referencia a una falla del tablero y puede ocurrir en cualquiera de los dos que están disponibles para su uso, esto podría deberse a una causa primaria que es una falla en el interruptor secundario principal que no permite el paso de energía o los fusibles que están dañados (probabilidad de falla máximo=1), además de que podría deberse a que se sobreponen varias conexiones en una sola toma de corriente.

El segundo suceso intermedio que desencadenaría el suceso top es por sobrecarga y está condicionado a 2 sucesos intermedios, el primero habla de un fallo de equipo para soldar el cual se puede deber a un suceso que no se desarrolla a profundidad por que no se considera necesario y se debe a una mala conexión, por otro lado tiene una causa primaria que es debido a la falta de mantenimiento del equipo.

El segundo suceso intermedio para que se presente una falla por sobrecarga, indica una falla que se sucedería antes del interruptor secundario principal, lo que ocasionaría una nula circulación de energía por la red. Esto debido a dos sucesos primarios que son por una falla en el transformador y otra por una falla en el interruptor primario que seguramente tendría que ver con sus elementos de protección a sobrecargas.

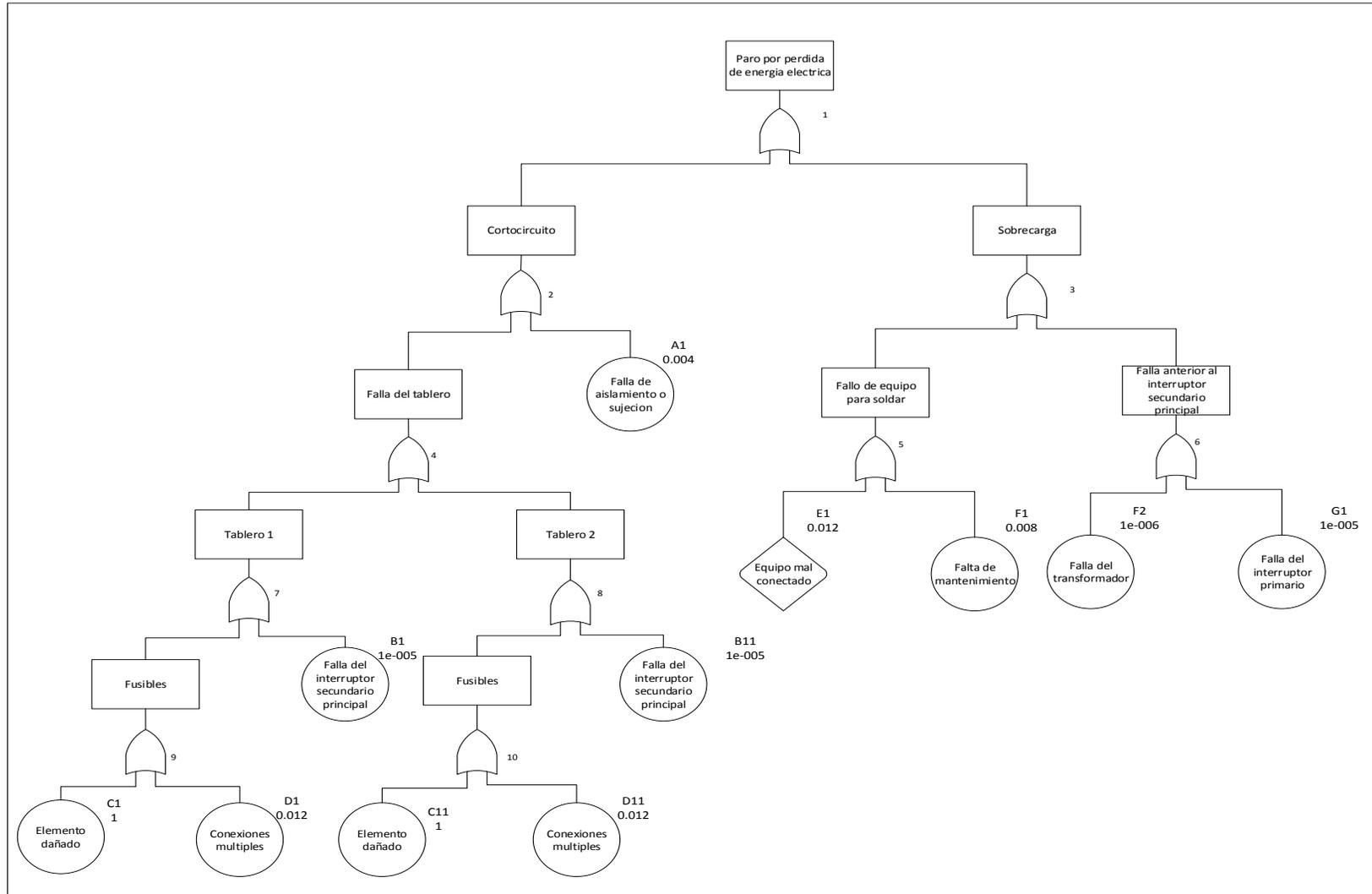


Figura 3.4. Árbol de fallos, situación actual.
 Fuente: elaboración propia (2014)

3.4.1.4 Cálculo de probabilístico del suceso TOP.

Los conjuntos mínimos de corte obtenidos son:

Method: Algebraic

No. of primary events = 11

Minimal cut set order = 1 to 11

Order 1:

1) A1	4)C1	7)D11	10)F2
2)B1	5)D1	8)E1	11)G1
3)B11	6)C11	9)F1	

Qualitative Importance Analysis:

Order Number

1 11

ALL 11

La generación del análisis probabilístico se calcula con el árbol lógicamente reducido de acuerdo a la algebra de Boole, y el software nos da como resultado:

Number of primary events = 11

Number of minimal cut sets = 11

Order of minimal cut sets = 11

Minimal cut set probabilities :

1	A1	4.000000E-003
2	B1	1.000000E-005
3	B11	1.000000E-005
4	C1	1.000000E+000
5	C11	1.000000E+000
6	D1	1.200000E-002
7	D11	1.200000E-002
8	E1	1.200000E-002
9	F1	8.000000E-003
10	F2	1.000000E-006
11	G1	1.000000E-005

Probability of top level event (minimal cut sets up to order 11 used):

1 term	+2.048031E+000	= 2.048031E+000	(upper bound)
2 terms	-1.096959E+000	= 9.510720E-001	(lower bound)
3 terms	+4.983405E-002	= 1.000906E+000	(upper bound)
4 terms	-9.137064E-004	= 9.999923E-001	(lower bound)
5 terms	+8.161472E-006	= 1.000000E+000	(upper bound)
6 terms	-3.492302E-008	= 1.000000E+000	(lower bound)
7 terms	+5.637345E-011	= 1.000000E+000	(upper bound)
8 terms	-1.725628E-015	= 1.000000E+000	(lower bound)
9 terms	+1.829276E-020	= 1.000000E+000	(upper bound)
10 terms	-7.191949E-026	= 1.000000E+000	(lower bound)
11 terms	+5.529601E-032	= 1.000000E+000	(upper bound)

La probabilidad de que ocurra el suceso top de acuerdo al método probabilístico es:

Exact value : 1.000000E+000

La siguiente es una lista de todos los eventos principales y su contribución hacia el fracaso del evento top, esta también se indica como porcentaje de importancia para cada evento principal.

Primary Event Analysis:

Event	Failure contrib.	Importance
A1	4.000000E-003	0.40%
B1	1.000000E-005	0.00%
B11	1.000000E-005	0.00%
C1	1.000000E+000	100.00%
C11	1.000000E+000	100.00%
D1	1.200000E-002	1.20%
D11	1.200000E-002	1.20%
E1	1.200000E-002	1.20%
F1	8.000000E-003	0.80%
F2	1.000000E-006	0.00%

G1	1.000000E-005	0.00%
----	---------------	-------

De lo anterior observamos que la probabilidad de fallo de la red es la máxima con un valor de 1 y de acuerdo a esto los sucesos C1, C11 son los más importantes a controlar por lo cual las medidas correctoras deberían orientarse hacia ellos. Como segunda alternativa de confianza se procede a evaluar con simulación Montecarlo, ya que este método nos permite simular eventos y probabilidades de ocurrencia en combinaciones diferentes.

3.4.1.5 Cálculo estadístico del suceso TOP.

Simulación Monte Carlo: el principio es simular las ocurrencias de los eventos primarios utilizando un generador de números aleatorios con ayuda del software OpenFTA, se calcula la probabilidad de ocurrencia del evento top y los CMC mediante estadística.

Tree : Situacion actual.fta
Number of primary events = 11

Definimos el número de simulaciones Montecarlo que se llevaran a cabo en el árbol de fallos.

Number of tests = 10000
Number of system failures = 10000
Probability of at least = 1.000000E+000 (exact)

El resultado de la probabilidad de que ocurra el evento top estadísticamente es:

Probability of top event = 1.000000E+000 (+/- 1.000000E-002)

La Tabla 3.12, indica cuales son los grupos de corte encontrados durante las 10,000 simulaciones, el número de fallas que se le atribuyen durante estas, la probabilidad

estimada de que los eventos de corte producidos y la importancia en porcentaje del grupo de corte en comparación a los otros grupos de corte encontrados.

Tabla 3.12. Grupos de corte de la Simulación Montecarlo, situación actual.

Rank	Failure mode	Failures	Estimated Probability	Importance
1	C1 C11	9546	9.546000E-001 (+/- 9.770363E-003)	95.46%
2	C1 C11 D1	114	1.140000E-002 (+/- 1.067708E-003)	1.14%
3	C1 C11 E1	112	1.120000E-002 (+/- 1.058301E-003)	1.12%
4	C1 C11 D11	109	1.090000E-002 (+/- 1.044031E-003)	1.09%
5	C1 C11 F1	71	7.100000E-003 (+/- 8.426150E-004)	0.71%
6	A1 C1 C11	36	3.600000E-003 (+/- 6.000000E-004)	0.36%
7	C1 C11 D1 F1	3	3.000000E-004 (+/- 1.732051E-004)	0.03%
8	C1 C11 D11 F1	2	2.000000E-004 (+/- 1.414214E-004)	0.02%
9	C1 C11 D1 E1	2	2.000000E-004 (+/- 1.414214E-004)	0.02%
10	C1 C11 D1 D11	2	2.000000E-004 (+/- 1.414214E-004)	0.02%
11	A1 C1 C11 E1	1	1.000000E-004 (+/- 1.000000E-004)	0.01%
12	C1 C11 D11 E1	1	1.000000E-004 (+/- 1.000000E-004)	0.01%
13	C1 C11 E1 F1	1	1.000000E-004 (+/- 1.000000E-004)	0.01%

Fuente: elaboración propia (2014)

La siguiente lista muestra los eventos principales y su contribución para el fracaso del evento principal esto para cada uno de ellos, así como su porcentaje de importancia.

Primary Event Analysis:

Event	Failure contrib.	Importance
A1	0.000000E+000	0.00%
B1	0.000000E+000	0.00%
B11	0.000000E+000	0.00%
C1	1.000000E+000	100.00%
C11	1.000000E+000	100.00%
D1	0.000000E+000	0.00%
D11	0.000000E+000	0.00%
E1	0.000000E+000	0.00%
F1	0.000000E+000	0.00%
F2	0.000000E+000	0.00%
G1	0.000000E+000	0.00%

En este caso la simulación Montecarlo coincidió con los eventos C1 y C11 como eventos que tienen una probabilidad de fallo 1.

Capítulo 4. Planeación de la propuesta de mejora.

4.1 Propuesta de mejora de la red de energía eléctrica.

4.1.1 Descripción de la instalación.

El caso de estudio corresponde a una propuesta de mejora que se discutió con personal encargado del mantenimiento de la empresa, así como el ingeniero a cargo del proceso de soldadura cuyo diagrama unifilar se presenta en el Figura 4.1. La estación generadora, es Comisión Federal de Electricidad (CFE) y en Valle de México alimenta a razón de 23 KVa a través de línea trifásica y es recibida por la empresa por un interruptor primario provisto de elementos de corte para evitar descargas, por lo tanto se necesita un reductor de tensión el cual se encuentra dentro de una subestación. Este reductor es de 500 KVa con su conexión a tierra, posteriormente se encuentra un interruptor de transferencia automática que conecta el alimentador antes descrito y un generador eléctrico de emergencias que puede actuar en caso de que el principal alimentador CFE por alguna razón suspenda su servicio, este equipo está provisto de salida trifásica.

Después del interruptor de transferencia automática se realizó un rediseño en el interruptor secundario principal con un interruptor termomagnético, la clase de precisión mínima debe ser del 3% para 1.5 veces la tensión nominal de la capacidad y su actuación es de 25 milésimas de segundo, como la función principal de este dispositivo es interrumpir la corriente eléctrica de un circuito cuando esta sobrepasa ciertos valores máximos, se decidió colocar uno en cada una de las tomas de las soldadoras para evitar que cuando una cause desperfectos solo desarme el circuito del equipo afectado y la red quede intacta, esto ayudará a disminuir no solo desperfectos sino también tiempos muertos ya que el trabajador solo necesitará rearmar el circuito, no obstante este rearme no es posible si persisten las condiciones de sobrecarga o cortocircuito. Las tasas de fallo de los elementos de igual forma se ha obtenido de

Lees Loss Prevention in the Process Industries (2005) que recoge algunas tasas de fallo de elementos, según distintas bases de datos y otras fueron estimadas con ayuda del personal de mantenimiento de la empresa.

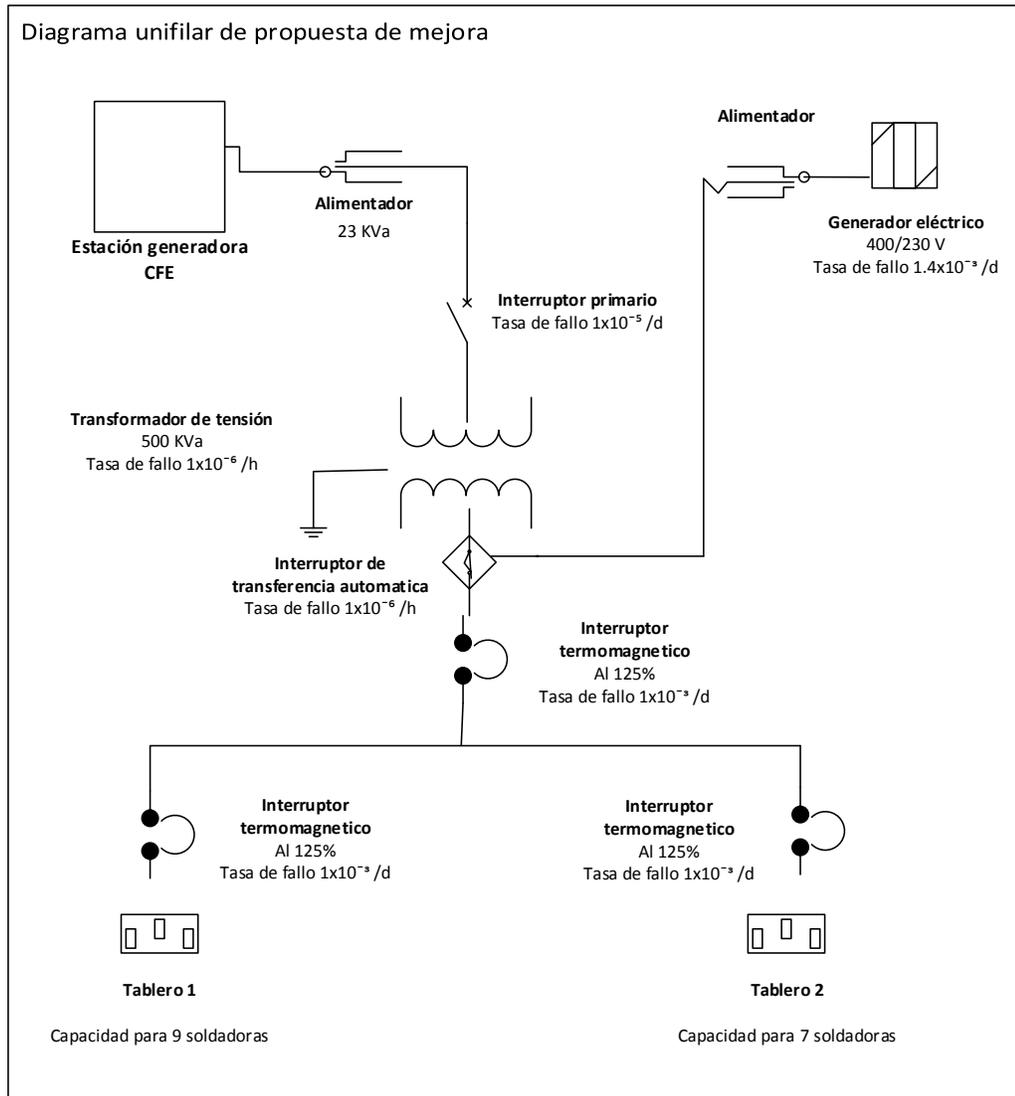


Figura 4.1. Diagrama unifilar de la propuesta de mejora

Fuente: elaboración propia (2014)

4.1.2 Definición del objetivo del estudio.

Se requiere analizar la propuesta de mejora de la instalación eléctrica y la probabilidad de riesgo de que ocurra un paro de actividades debido a fallos de esta. El análisis será realizado con ayuda del software para construcción de árboles de fallo OpenFTA y con base a los resultados se generara un comparativo de mejora para disminuir errores en el funcionamiento de la red esto con 2 alternativas; análisis probabilístico y simulación Montecarlo.

4.1.3 Elaboración del árbol de fallos

Con la información obtenida en los puntos 1 y 2, así como con la ayuda del software OpenFTA se procede a construir el árbol de fallos de acuerdo con los elementos que habrán de caracterizar la instalación, y con su respectiva tasa de fallo según la Tabla 4.1. El árbol obtenido se muestra en el Figura 4.2 y Figura 4.3 y es representando de acuerdo a la estructura descrita en la Tabla 1.5, de simbología de sucesos para los arboles de falla.

Para que se lleve a cabo un paro en las actividades debido a la falta de energía eléctrica ocurriría por tres sucesos intermedios el primero es por cortocircuito y tiene una causa primaria por falla en el aislamiento de los conductores o sujeción, además de otro suceso intermedio que hace referencia a una falla del tablero y puede ocurrir en cualquiera de los dos que están disponibles para su uso, esto podría deberse a una causa primaria que es una falla en el interruptor de transferencia automática que no permite el paso de energía o una falla en el interruptor termomagnético.

El segundo suceso intermedio que desencadenaría el suceso top es por sobrecarga y está condicionado a 2 sucesos intermedios, el primero es un fallo de equipo para soldar el cual se puede deber a un suceso que no se desarrolla a profundidad por que

no se considera necesario y se debe a una mala conexión, por otro lado tiene una causa primaria que es debido a la falta de mantenimiento del equipo.

Tabla 4.1. Tasa de fallo de los elementos de la red eléctrica, propuesta de mejora.

ID	Suceso	Tasa de fallo	Base	Tipo
A2	Falla de aislamiento o sujeción	2×10^{-3}	Estimada	Básico
B2	Falla del interruptor termomagnético	1×10^{-3} /d	Rasmussen report	Básico
C2	Falla del interruptor de transferencia automática	1×10^{-6}	Estimada	Básico
B21	Falla del interruptor termomagnético	1×10^{-3} /d	Rasmussen report	Básico
C21	Falla del interruptor de transferencia automática	1×10^{-6}	Estimada	Básico
D2	Mala conexión	1×10^{-3}	Estimada	No desarrollado
E2	Falta de mantenimiento	3×10^{-3}	Estimada	Básico
F2	Falla del transformador	1×10^{-6} /h	Rasmussen report	Básico
G2	Falla del interruptor primario	1×10^{-5} /d	Rasmussen report	Básico
H2	Falta de combustible	1×10^{-6}	Estimada	No desarrollado
K2	Fallas mecánicas del generador eléctrico	1.4×10^{-3} /d	Rasmussen report	Básico
I2	Conexiones eléctricas deficientes	1.6×10^{-2}	Estimada	Básico
B22	Falla del interruptor termomagnético	1×10^{-3} /d	Rasmussen report	Básico

Fuente: elaboración propia (2014)

El segundo suceso intermedio para que se presente una falla por sobrecarga, indica una falla que se sucedería por la interrupción de energía en el interruptor secundario principal, lo que ocasionaría una nula circulación de energía por la red. Esto debido a dos sucesos primarios que son por una falla en el transformador y otra por una falla en el interruptor primario.

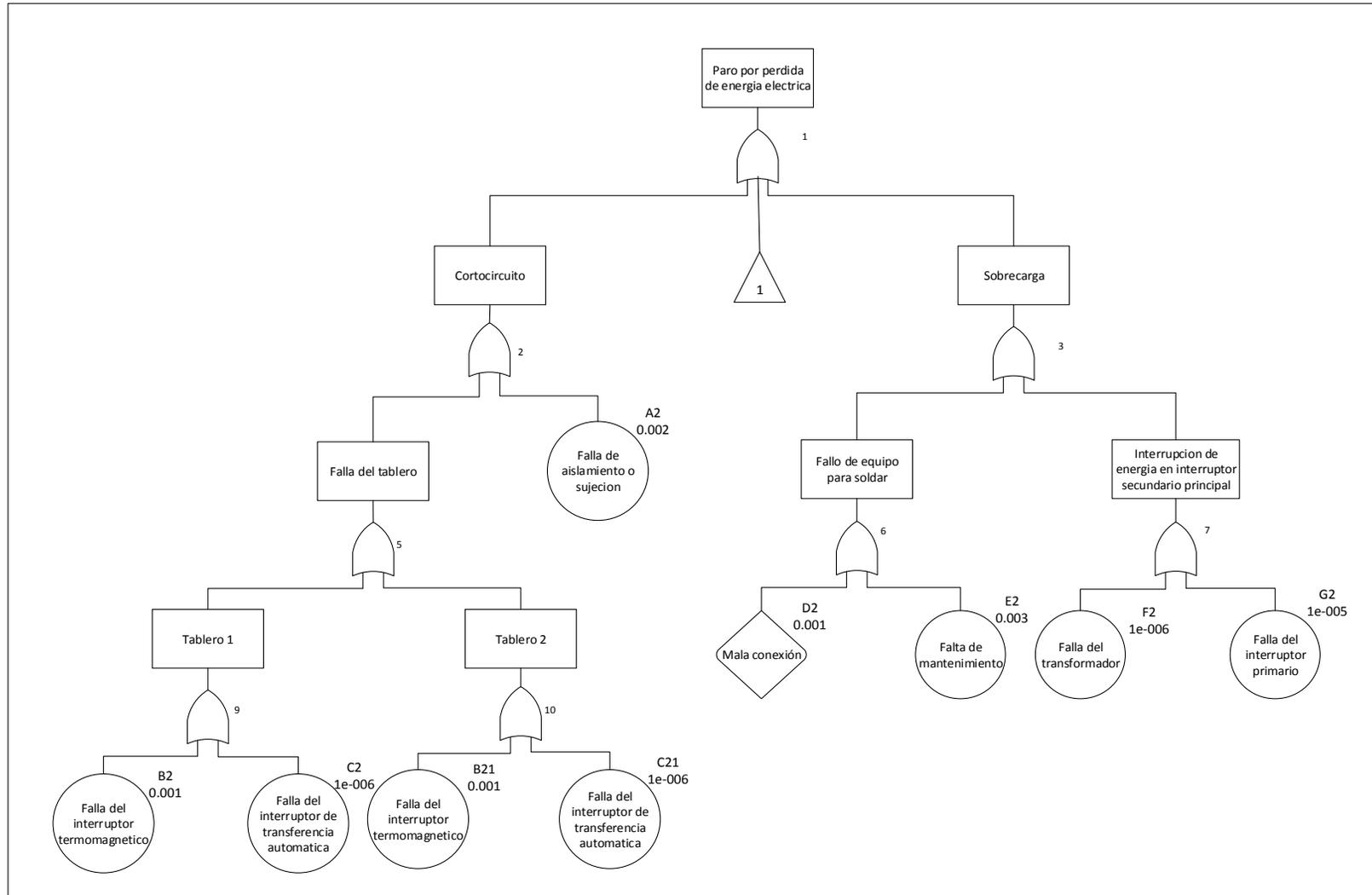


Figura 4.2. Árbol de fallos, propuesta de mejora.
Fuente: elaboración propia (2014)

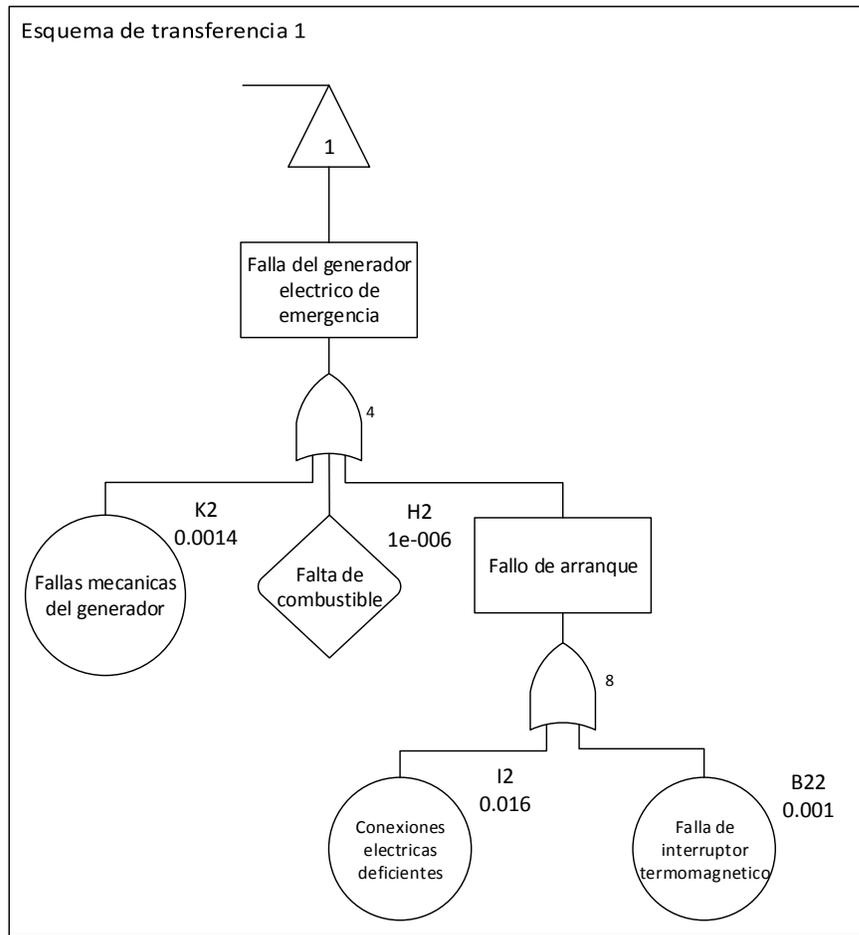


Figura 4.3. Esquema de transferencia 1, del árbol de fallos propuesta de mejora

Fuente: elaboración propia (2014)

El tercer suceso intermedio que causaría el fallo de paro por pérdida de energía, está representado en el árbol con un símbolo de transferencia y hace referencia a un fallo por el equipo generador eléctrico de emergencia y puede suceder por suceso que no se desarrolla a profundidad por que no se considera necesario y es por falta de combustible, por un suceso primario que se debe a fallas mecánicas del generador eléctrico y por ultimo por un suceso intermedio de falla en el arranque, el cual se podría deber a dos sucesos primarios, el primero por conexiones eléctricas deficientes y el otro por falla del interruptor termomagnético que se sustituyó en el interruptor secundario principal, esto debido a que podría haberse abierto debido a cortocircuito o sobrecarga de energía proveniente del alimentador principal.

4.1.4 Cálculo probabilístico del suceso TOP.

Los conjuntos mínimos de corte obtenidos son:

Method : Algebraic

No. of primary events = 13

Minimal cut set order = 1 to 13

Order 1:

1) A2	4)B22	7)D2	10)G2	13)K2
2)B2	5)C2	8)E2	11)H2	
3)B21	6)C21	9)F2	12)I2	

Qualitative Importance Analysis:

Order Number

1 13

ALL 13

La generación del análisis probabilístico se calcula con el árbol lógicamente reducido de acuerdo a la algebra de Boole, y el software nos da como resultado:

Number of primary events = 13

Number of minimal cut sets = 13

Order of minimal cut sets = 13

Minimal cut set probabilities :

1	A2	2.000000E-003
2	B2	1.000000E-003
3	B21	1.000000E-003
4	B22	1.000000E-003
5	C2	1.000000E-006
6	C21	1.000000E-006
7	D2	1.000000E-003
8	E2	3.000000E-003
9	F2	1.000000E-006
10	G2	1.000000E-005
11	H2	1.000000E-006

12	I2	1.600000E-002
13	K2	1.400000E-003

Probability of top level event (minimal cut sets up to order 13 used):

1 term	+2.641400E-002	= 2.641400E-002	(upper bound)
2 terms	-2.113696E-004	= 2.620263E-002	(lower bound)
3 terms	+8.193553E-007	= 2.620345E-002	(upper bound)
4 terms	-1.794436E-009	= 2.620345E-002	(lower bound)
5 terms	+2.344990E-012	= 2.620345E-002	(upper bound)
6 terms	-1.819954E-015	= 2.620345E-002	(lower bound)
7 terms	+7.791307E-019	= 2.620345E-002	(upper bound)
8 terms	-1.450383E-022	= 2.620345E-002	(lower bound)
9 terms	+1.916391E-027	= 2.620345E-002	(upper bound)
10 terms	-6.230729E-033	= 2.620345E-002	(lower bound)
11 terms	+8.632535E-039	= 2.620345E-002	(upper bound)
12 terms	-5.605194E-045	= 2.620345E-002	(lower bound)
13 terms	+0.000000E+000	= 2.620345E-002	(upper bound)

La probabilidad de que ocurra el suceso top de acuerdo al método probabilístico es:

Exact value : 2.620345E-002

La siguiente lista muestra los eventos principales y su contribución para el fracaso del evento principal esto para cada uno de ellos, así como su porcentaje de importancia.

Primary Event Analysis:

Event	Failure contrib.	Importance
A2	2.000000E-003	7.63%
B2	1.000000E-003	3.82%
B21	1.000000E-003	3.82%
B22	1.000000E-003	3.82%
C2	1.000000E-006	0.00%
C21	1.000000E-006	0.00%

D2	1.000000E-003	3.82%
E2	3.000000E-003	11.45%
F2	1.000000E-006	0.00%
G2	1.000000E-005	0.04%
H2	1.000000E-006	0.00%
I2	1.600000E-002	61.06%
K2	1.400000E-003	5.34%

El resultado obtenido para la probabilidad de fallo de la red es de 2.620345×10^{-2} y de acuerdo a esto los sucesos I2 y E2 son los más importantes a controlar por lo cual las medidas de corrección deberán orientarse hacia ellos. Como segunda alternativa de confianza se procede a evaluar con simulación Montecarlo ya que este método nos permite simular eventos y probabilidades de ocurrencia en combinaciones diferentes.

4.1.5 Cálculo estadístico del suceso TOP.

Simulación Monte Carlo: con ayuda de este método calculamos la probabilidad de ocurrencia del evento top y los CMC mediante estadística.

Tree : Propuesta de mejora.fta
 Number of primary events = 13

Se define el número de simulaciones Montecarlo que se llevara a cabo en el árbol de fallos.

Number of tests = 10000
 Number of system failures = 10000
 Probability of at least = 2.620345E-002 (exact)

El resultado de la probabilidad de que ocurra el evento top estadísticamente es:

Probability of top event = 2.620345E-002 (+/- 2.620345E-004)

la Tabla 4.2 indica cuales son los grupos de corte encontrados durante las 10,000 simulaciones, el número de fallas que se le atribuyen durante estas, la probabilidad estimada de que los eventos de corte producidos y la importancia en porcentaje del grupo de corte en comparación a los otros grupos de corte encontrados.

Tabla 4.2. Grupos de corte de la Simulación Montecarlo, propuesta de mejora.

Rank	Failure mode	Failures	Estimated Probability	Importance
1	I2	6131	1.606533E-002 (+/- 2.051748E-004)	61.31%
2	E2	1098	2.877139E-003 (+/- 8.682797E-005)	10.98%
3	A2	750	1.965259E-003 (+/- 7.176110E-005)	7.50%
4	K2	507	1.328515E-003 (+/- 5.900142E-005)	1.09%
5	B21	380	9.957311E-004 (+/- 5.107993E-005)	0.71%
6	B2	373	9.773886E-004 (+/- 5.060727E-005)	0.36%
7	D2	344	9.013986E-004 (+/- 4.860016E-005)	0.03%
8	B22	339	8.882969E-004 (+/- 4.824567E-005)	0.02%
9	A2 I2	13	3.406448E-005 (+/- 9.447788E-006)	0.02%
10	E2 I2	10	2.620345E-005 (+/- 8.286258E-006)	0.02%
11	B2 I2	9	2.358310E-005 (+/- 7.861035E-006)	0.01%
12	I2 K2	7	1.834241E-005 (+/- 6.932781E-006)	0.01%
13	B22 I2	5	1.310172E-005 (+/- 5.859269E-006)	0.01%
14	B22 K2	4	1.048138E-005 (+/- 5.240690E-006)	0.04%
15	E2 K2	4	1.048138E-005 (+/- 5.240690E-006)	0.04%
16	B21 I2	3	7.861035E-006 (+/- 4.538570E-006)	0.03%
17	D2 I2	3	7.861035E-006 (+/- 4.538570E-006)	0.03%
18	G2	2	5.240690E-006 (+/- 3.705727E-006)	0.02%
19	B21 E2	2	5.240690E-006 (+/- 3.705727E-006)	0.02%
20	B22 E2	2	5.240690E-006 (+/- 3.705727E-006)	0.02%
21	B2 K2	2	5.240690E-006 (+/- 3.705727E-006)	0.02%
22	D2 E2	2	5.240690E-006 (+/- 3.705727E-006)	0.02%
23	A2 E2	2	5.240690E-006 (+/- 3.705727E-006)	0.02%
24	A2 K2	2	5.240690E-006 (+/- 3.705727E-006)	0.02%
25	A2 D2	1	2.620345E-006 (+/- 2.620345E-006)	0.01%
26	D2 K2	1	2.620345E-006 (+/- 2.620345E-006)	0.01%
27	B21 K2	1	2.620345E-006 (+/- 2.620345E-006)	0.01%
28	C2	1	2.620345E-006 (+/- 2.620345E-006)	0.01%
29	B2 E2	1	2.620345E-006 (+/- 2.620345E-006)	0.01%
30	A2 B21	1	2.620345E-006 (+/- 2.620345E-006)	0.01%

Fuente: elaboración propia (2014)

La siguiente lista muestra los eventos principales y su contribución para el fracaso del evento principal esto para cada uno de ellos, así como su porcentaje de importancia.

Primary Event Analysis:

Event	Failure contrib.	Importance
A2	2.015045E-003	7.69%
B2	1.008833E-003	3.85%
B21	1.014073E-003	3.87%
B22	9.171207E-004	3.50%
C2	2.620345E-006	0.01%
C21	0.000000E+000	0.00%
D2	9.197411E-004	3.51%
E2	2.937407E-003	11.21%
F2	0.000000E+000	0.00%
G2	5.240690E-006	0.02%
H2	0.000000E+000	0.00%
I2	1.619635E-002	61.81%
K2	1.383542E-003	5.28%

En este caso de acuerdo a los resultados de la simulación Montecarlo se apunta a 3 casos relevantes con los eventos I2, E2 Y A2 como eventos que tienen una probabilidad de fallo más alta en la contribución hacia el fracaso del suceso top.

Hasta aquí se realizó el estudio de riesgo mediante dos métodos, el primero correspondiente a un análisis probabilístico y segundo por medio de simulación Montecarlo para la situación actual y propuesta de mejora que se podría implementar.

La Tabla 4.3, recopila los resultados encontrados, y presenta la información de forma comparativa entre métodos y casos de estudio. Además da la descripción de los elementos que son las causas de falla, su probabilidad y su importancia según el método de cálculo.

Tabla 4.3. Resultados de análisis de riesgo del árbol de fallos de la situación actual y propuesta de mejora.

	Eventos primarios	Eventos no desarrollados	CMC	Numero de simulaciones	Probabilidad suceso top	Eventos principales de fallo	Descripción	Tasa de fallo	Importancia (%)
SITUACIÓN ACTUAL									
Análisis probabilístico	10	1	11		1.00E+00	C1	Elemento dañado (fusible)	1	100
						C11	Elemento dañado (fusible)	1	100
Montecarlo	10	1	11	10000	1.00E+00	C1	Elemento dañado (fusible)	1	100
						C11	Elemento dañado (fusible)	1	100
PROPUESTA DE MEJORA									
Análisis probabilístico	11	2	13		2.62E-02	I2	Conexiones eléctricas deficientes	1.6x10 ⁻²	61.06
						E2	Falta de mantenimiento	3x10 ⁻³	11.45
Montecarlo	11	2	13	10000	2.62E-02	I2	Conexiones eléctricas deficientes	1.6x10 ⁻²	61.81
						E2	Falta de mantenimiento	3x10 ⁻³	11.21
						A2	Falla de aislamiento o sujeción	2x10 ⁻³	7.69

Fuente: elaboración propia (2014)

4.1.6 Resultados de la variable riesgo.

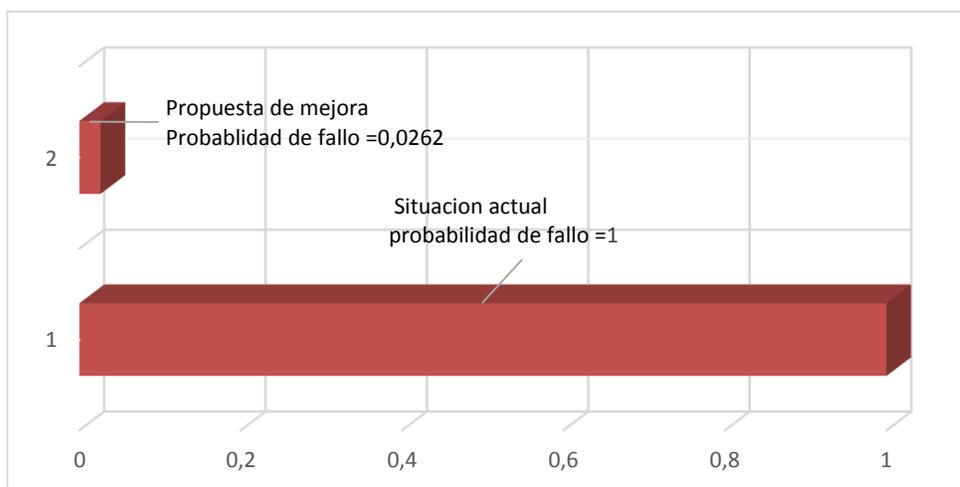
El principal objetivo de evaluar riesgo es preservar la integridad del ser humano antes que cualquier bien físico, sin embargo, si las instalaciones no presentan las condiciones adecuadas, se convierten en un riesgo potencial; es cierto que la experiencia del operador para desarrollar sus actividades es una de las principales características que ayudará a prevenir accidentes, la evaluación al interior de las instalaciones en las que desarrolla sus labores deberá ser exhaustiva y predictiva, ya que esto determinara la eficiencia del proceso y la seguridad. El análisis por árbol de fallos es una metodología cuantitativa que se utilizó para analizar la instalación eléctrica que actualmente se encuentra en el área de soldadura y que ha causado incidentes por su incorrecto diseño y falta de mantenimiento en los últimos años, al final se generó una propuesta que resulta en una posibilidad de mejora.

Se observa que ambos métodos de análisis coinciden en la detección de los elementos que están causando problemas a la instalación, salvo en el último análisis Montecarlo (propuesta de mejora) que hace una recomendación más, que el análisis probabilístico de la propuesta de mejora, se observa que la probabilidad de falla se disminuye de 1 a 0.0262, lo que equivale al 2.6% de probabilidad de fallo contra el 100% de la instalación actual, esto se representa en la Grafica 4.1.

Por ultimo calcularemos el ratio de mejora que se obtiene de la división de la probabilidad del suceso top en el sistema actual, por la probabilidad del suceso top en el nuevo sistema.

$$\text{Ratio de mejora} = \frac{P(\text{top inicial})}{P(\text{top final})} = \frac{1.00\text{E}+00}{2.62\text{E}-02} = 38.16$$

Con esto se demuestra que disminuye por 38 veces la probabilidad de riesgo de paro por falta de energía eléctrica en las redes de alimentación lo que equivale al 97.38%.



Gráfica 4.1 Índice de riesgo.

Fuente: elaboración propia (2014)

Se observa que la disminución del riesgo del 97.38% por problemas con la instalación eléctrica cumpliría con el punto 5.1 de la NOM 001, que obliga a conservar en condiciones seguras las instalaciones de los centros de trabajo para que no representen riesgos. Además de que con esta cifra cumplimos con la hipótesis de estudio.

4.2 Planeación estratégica.

A continuación se presenta el plan de acción al cual se llegó en el desarrollo de esta investigación. Se propone una planeación estratégica que será ejecutada por los altos directivos a largo plazo y se pretende en el futuro abarcar toda la empresa, se realizará una evaluación al término del primer año para valorar el impacto que se está logrando con los cambios establecidos y de ser necesario redefinir estrategias. Posteriormente se llevara a cabo cada año, como lo exige la normativa, asignando prioridades de acuerdo a las incidencias y accidentes en las áreas con mayores condiciones peligrosas. Como punto de partida se tomó en cuenta los resultados de este estudio, las NOM'S propuestas y se hace especial observancia de la NOM 19 de la STPS 2004. Dicha planeación se presenta en la Tabla 4.4.

Tabla 4.4 Plan de acción

	ACTIVIDAD A REALIZAR	OBJETIVO	ÁREA ENCARGADA	RESPONSABLE	PLAZO ESTIMADO	OBSERVACIONES
1.	Informar a todo el personal operativo y administrativo de la planta.	Dar a conocer las acciones a desarrollar para evitar situaciones de riesgo identificadas con el presente estudio.	Recursos Humanos, con apoyo del departamento de ingeniería.	Director general.	1 semana.	Se informara de las primeras acciones a realizar, las cuales están comprometidas a los resultados obtenidos en el desarrollo de este estudio.
2	Mantenimiento y rediseño de la instalación eléctrica del área de soldadura.	Evitar futuros riesgos de incidentes que puedan desencadenar situaciones peligrosas.	Departamento de ingeniería y mantenimiento.	Gerente general.	1 mes.	Se pretende utilizar el diseño obtenido para la propuesta de mejora evaluado por medio de árbol de fallas de este estudio.
3.	Crear y capacitar la Comisión de Seguridad e Higiene.	Contar con un órgano responsable de la planeación de acciones a seguir.	Dirección de la empresa en coordinación con Ingeniería.	Líder de proyecto.	3 meses.	Es el plazo que establece la Ley Federal de Trabajo, según el Artículo 125, a partir de la fecha de iniciación de actividades en la empresa.
4.	Definir responsabilidades de cada integrante de la comisión de seguridad e higiene.	Delimitar actividades para el mejor aprovechamiento de los recursos.	Comisión de Seguridad e Higiene.	Líder de proyecto.	15 días.	Conforme a la NOM-019-STPS-2004 relativa a la constitución organización y funcionamiento de las Comisiones de Seguridad e Higiene en los centros de trabajo.
5.	Realizar sondeos para identificar riesgos identificados por los empleados.	Complementar el presente estudio con la percepción de los empleados acerca de los peligros identificados.	Comisión de Seguridad e Higiene.	Vocal de la Comisión de Seguridad e Higiene.	15 días	Definirá los métodos para la toma de muestra representativa de acuerdo al número de empleados por área que se encuentren laborando en el momento del estudio.
6.	Establecer periodos de mantenimiento a equipo de trabajo.	Evitar desperfectos del equipo de trabajo que pudieran afectar la integridad de los trabajadores	Comisión de Seguridad e Higiene.	Secretario de la Comisión de Seguridad e Higiene.	15 días	Se llevaran registros de los mantenimientos, así como de los servicios necesarios para un óptimo funcionamiento.

ACTIVIDAD A REALIZAR	OBJETIVO	ÁREA ENCARGADA	RESPONSABLE	PLAZO ESTIMADO	OBSERVACIONES
7. Elaborar un plan de capacitación de normativa de seguridad e higiene.	Identificar y gestionar los cursos necesarios para operar de acuerdo a normativa.	Comisión de Seguridad e Higiene.	Coordinador de la Comisión de Seguridad e Higiene	1 mes	Los cursos deberán ser aprobados por mayoría de los integrantes de la Comisión de Seguridad e Higiene.
8. Capacitación de personal	Salvaguardar la integridad física de los trabajadores a través de conocimientos que le permitan identificar peligros y prevenirlos.	Comisión de Seguridad e Higiene.	Coordinador y Secretario de la Comisión de Seguridad e Higiene	3 meses	Los vocales apoyaran con la debida comunicación a todas las áreas involucradas de acuerdo al plan de capacitación.
9. Realizar evaluaciones de comprensión de las capacitaciones.	Identificar la efectividad y detectar las áreas de oportunidad para entregar cursos de calidad que cumplan con los objetivos	Comisión de Seguridad e Higiene.	Vocal de la Comisión de Seguridad e Higiene.	1 mes	Definirá los métodos para la toma de muestra representativa de acuerdo al número de empleados por área que se encuentren laborando en el momento del estudio.
10. Elaborar un mecanismo de registro para el control de problemas identificados y avances realizados.	Lograr que los procedimientos sean definidos y establecidos en tiempo y forma de acuerdo a los objetivos.	Comisión de Seguridad e Higiene.	Coordinador y Secretario de la Comisión de Seguridad e Higiene	1 mes	El instrumento de medición será informado a toda la Comisión de Seguridad e Higiene con la finalidad de enriquecerlo con aportaciones de todos los integrantes.
11. Evaluación periódica.	Valorar el impacto que ha tenido el trabajo desarrollado por la Comisión de Seguridad e Higiene	Dirección de la empresa en coordinación con Ingeniería.	Líder de proyecto.	15 días	Dicha evolución será con base al mecanismo desarrollado para el registro del control de problemas y avances realizados.

Fuente: elaboración propia (2014)

El artículo 510 de la Ley Federal del Trabajo indica que las obligaciones de la Comisión de Seguridad e Higiene serán desempeñadas gratuitamente dentro de las horas de trabajo, por lo cual, el periodo en el cual no estén realizando actividades de la planeación presentada los empleados desarrollaran las actividades profesionales, para las que fueron contratados por la empresa. Por ultimo cada uno de los personajes de la Comisión de Seguridad e Higiene, estará obligado a presentar evidencia del desarrollo de su trabajo durante los periodos de su participación. Lo anterior conforme a las exigencias de la normativa correspondiente a cada actividad del plan de acción.

Capítulo 5. Conclusiones

Durante el desarrollo del presente trabajo se exploró por caminos diversos, que poco a poco, ayudaron a visualizar los métodos de análisis más adecuados para identificación, caracterización, evaluación y planeación de control de riesgo.

Retomando el título de este estudio el cual se llama “Planeación, control y reducción de riesgos para mejorar la seguridad e higiene en las empresas de construcción de prefabricados” y después de la validación de resultados, se puede concluir que este ayudara a la identificación de factores adversos apoyados en las técnicas de estudio expuestas de forma breve en este compendio.

Con respecto la hipótesis de estudio planteada para este trabajo, en donde se propone:

“La alta tasa de accidentes de una empresa de pre-fabricados se debe a la falta de aplicación de la normatividad de seguridad e higiene en las instalaciones, si se aplicara por lo menos la NOM-001-STPS-2008 referente a edificios, locales, instalaciones y áreas en los centros de trabajo-condiciones de seguridad, así como la NOM-026-STPS-1998 colores y señales de seguridad e higiene, e identificación de riesgo por fluidos conducidos en tuberías y la NOM-017-STPS-2008 equipo de protección personal, selección, uso y manejo en los centros de trabajo, es posible reducir un 40% del riesgo en las actividades laborales”

En donde los objetivos de dichas normas están definidos como:

Objetivo NOM 001

Establecer las condiciones de seguridad de los edificios, locales, instalaciones y áreas en los centros de trabajo para su adecuado funcionamiento y conservación, con la finalidad de prevenir riesgos a los trabajadores.

Objetivo NOM 017

Establecer los requisitos mínimos para que el patrón seleccione, adquiera y proporcione a sus trabajadores, el equipo de protección personal correspondiente para protegerlos de los agentes del medio ambiente de trabajo que puedan dañar su integridad física y su salud.

Objetivo NOM 026

Establecer los requerimientos en cuanto a los colores y señales de seguridad e higiene y la identificación de riesgos por fluidos conducidos en tuberías

Se logró demostrar con ayuda de las variables de estudio, que esta reducción es posible e incluso sobrepasar las expectativas como se muestra en la Tabla 5.1.

Tabla 5.1. Porcentaje de reducción de riesgo de acuerdo a variables de estudio.

Variable	Reducción (%)
Capacitación	56
Ambiente y actos inseguros	51.8
Riesgo	97.38

Fuente: elaboración propia (2014)

Estas cifras son indicadores de la reducción del riesgo tanto de instalaciones como de situaciones ocasionadas por actividades humanas profesionales al interior de la empresa, con esto demostramos que se excede el 40% que se suponía en la hipótesis de este estudio, con lo cual queda demostrado que esta es válida.

Existen diversas técnicas de identificación y evaluación de riesgo y en este caso se optó por trabajar con HAZOP y Árbol de fallos por ser métodos completos y rigurosos en sus procedimientos, ya que se analizan todas las combinaciones relevantes de las palabras guía

contra las variables de estudio, por lo cual, las medidas correctivas obtenidas poseen la sustancia de la eliminación de los problemas.

La capacitación del personal al interior de cualquier empresa, habrá de determinar el éxito del servicio o producto que esta desarrolle. La especialización, dotara al trabajador de las herramientas para evitar accidentes, es por ello, que es importante que sea constante, y de impacto en las cuestiones que ayuden en la prevención de riesgos de las actividades laborales, la aplicación adecuada del conocimiento a los procesos que se lleven a cabo, así como la información orientada al uso de equipo de seguridad y la continuidad que se dé a estos temas es imprescindible. Para lograr la integración del personal al conocimiento de sus áreas correspondientes, sin duda se tiene que utilizar una estrategia de planeación que permita involucrar conocimientos multidisciplinarios para el mejor aprovechamiento de los recursos y que sobre todo, esto se visualice como una inversión y no como un gasto.

En un estudio de riesgo a este sector, se deberá involucrar a personal de mantenimiento, dirección y operación de la empresa constructora, por los conocimientos de áreas y procedimientos además de que este estudio indicara las características cualitativas y cuantitativas de todos los elementos presentes que evitaran acciones o situaciones peligrosas y que habrán de resultar en una mejor operabilidad.

Por otra parte, si bien es cierto que el conjunto de NOM'S están diseñadas para reglamentar diversas acciones que ayuden a las buenas prácticas en las empresas, de nada sirve, si la instancia encargada de verificar el cumplimiento, no realiza la supervisión adecuada en tiempo y forma, es así, que este estudio tiene también como finalidad dar a conocer a las constructoras una metodología que puede ayudar a mitigar el riesgo de incurrir en accidentes y que incluso con la selección de las tres normas mencionadas en la hipótesis, podría comenzar la implementación de seguridad e higiene necesaria para operar, no solo esperando cumplir con la legalidad que le exige el gobierno, sino como responsabilidad social que ayude al crecimiento sostenible de todos los sectores que le rodean, tema que ha venido causando controversias en últimos años, debido al insuficiente compromiso que existe en las empresas.

Bibliografía

- ANIPPAC. (2010). *Manual ANIPPAC*. México: UNAM.
- Arreola Et al. (2012). *Roberto Arreola, Rafael Sánchez, Seguridad e higiene industrial*, 17.
- Bedoya Hernández José Guillermo, M. F. (2008). Determinación de los modos de falla de transformadores convertidores en sistemas HVDC. *Scientia Et Technica*, vol. XIV, núm. 39, 141-146, Recuperado de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=84920503026>.
- Carbajal Et.al. (2011). Carbajal Peláez Gloria Isabel, Pellicer Armiñana Eugenio. *Propuesta para la evaluación del impacto económico de la siniestralidad laboral en el sector de la construcción Revista Ingenierías Universidad de Medellín*, p. 92,94,98 y 97.
- Carcaño, R. G. (2006). Riesgos en la salud de los trabajadores de la construcción. *Ingeniería*, vol. 10, núm. 2, 67-74, Recuperado de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=46710207>.
- Carlos, L. A. (2008). *Guía básica para la simulación de Montecarlo*. España: AENOR.
- Carvajal Peláez Gloria Isabel, P. A. (2009). Tendencias en investigación sobre seguridad y salud laboral propuesta metodológica aplicada al sector de la construcción. *Revista Ingenierías Universidad de Medellín*, 12.
- Casal Et.al. (1999). En M. H. Casal Joaquim. Barcelona: Alfaomega.
- Castro, M. (2010). La seguridad eléctrica y los sistemas eléctricos. *Ingeniería Energética*, vol. XXXI, 10-18, Recuperado de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=329127743002>.
- CMIC. (9 de Mayo de 2013). *Camara Mexicana de la Industria de la Construcción*. Obtenido de http://www.cmic.org/cmic/economiaestadistica/2013/PIB_VI_TRIM_12.pdf
- Estrucplan. (2000). *Estrucplan online*. Obtenido de <http://www.estrucplan.com.ar/articulos/verarticulo.asp?IDArticulo=59>
- Flores, J. (Enero de 2013). *Identificación y evaluación del riesgo HAZOP*. Obtenido de <http://www.insht.es/portal/site/Insht/menuitem.1f1a3bc79ab34c578c2e8884060961ca/?vgnextoid=a981ceffc39a5110VgnVCM100000dc0ca8c0RCRD&vgnnextchannel=9f164a7f8a651110VgnVCM100000dc0ca8c0RCRD>
- Fuentealba, Z. (2012). Aplicabilidad de la evaluación de riesgos en el manejo de residuos electrónicos. *UCMaule - Revista Académica N°42*, 85-118.

- Gomez Estrada Santiago, B. C. (2009). Análisis de confiabilidad a un proceso de construcción de rollos de papel. *Scientia Et Technica*, vol. XV, 19-24, Recuperado de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=84917310004>.
- Groenberg, C. D. (2013). En C. D. Groenberg, *Riesgos de los equipos, Auditorias, Inspecciones e Investigaciones, Enciclopedia de salud y seguridad en el trabajo* (págs. consulta 10 Mayo p 57.16, 57.17). España.
- GSHT. (2013). Guía sobre seguridad e higiene del trabajo, http://www.idoe.com.mx/SEG_HIG.pdf. consultado el 15 de Enero 2013, 3.
- Gutiérrez Pulido Humberto, D. I. (2009). *Control estadístico de calidad y seis sigma*. México: McGraw-Hill.
- Hernandez Sampieri Roberto, F. C. (2010). *Metodología de la investigación*. México: Mc Graw Hill.
- IMSS. (26 de Noviembre de 2012). Obtenido de <http://www.imss.gob.mx/estadisticas/financieras/Pages/memoriaestadistica.aspx>
- IMSS. (22 de Noviembre de 2012). *Instituto Mexicano del Seguro Social*. Obtenido de <http://www.imss.gob.mx/estadisticas/financieras/Pages/memoriaestadistica.aspx>
- IMSS. (26 de Noviembre de 2012). *Memorias estadísticas del IMSS*. Obtenido de <http://www.imss.gob.mx/estadisticas/financieras/Pages/memoriaestadistica.aspx>
- IMSS. (05 de Mayo de 2014). *Manuales y Normas de IMSS*. Obtenido de <http://www.imss.gob.mx/sites/all/statics/pdf/manualesynormas/1000-001-021.pdf>
- INEGI. (26 de Febrero de 2012). Obtenido de <http://cuentame.inegi.org.mx/economia/secundario/construccion/default.aspx?tema=E>
- Julio Zapata Carlos, D. G. (2006). Valoración de confiabilidad de subestaciones eléctricas utilizando simulación de Montecarlo. *Scientia Et Technica*, vol. XII, núm. 32, 67-72, Recuperado de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=84911652013>.
- Krishnan, U. (2005). What HAZOP studies cannot do. *Hydrocarbon Processing*, 93-96.
- LFT. (2012). Ley Federal del Trabajo, Última reforma publicada en el Diario Oficial de la Federación 9 Abril 2012.
- LFT. (2012). Ley Federal del Trabajo, Última reforma publicada en el Diario Oficial de la Federación 9 Abril 2012. DOF.

- Linehan. (2013). Sistemas de inspección, Inspección en el lugar de trabajo y aplicación normativa. En A. Linehan, *Enciclopedia de Seguridad y Salud en el Trabajo* (págs. consulta 10 Mayo 2013, p. 57.21). Madrid: 3ªEdición en español.
- Lopez Cattaneo. (30 de Octubre de 2006). *Construcción: La responsabilidad en materia de accidentes de trabajo consulta el 15 de Febrero 2012*. Obtenido de Ing. Alfredo López Cattáneo: <http://www.estrucplan.com.ar/articulos/verarticulo.asp?IDArticulo=1447>
- Lopez Et.al. (2003). López Espinoza Guillermo, Yeras Alos Isis, Beltrán González Mavel, Aparicio Manresa Grisel, Valdés Mora Mariela, Hernández González Edimilvia. *Utilidad del mapa de riesgo laboral en el diagnóstico de salud de las empresas, Revista cubana de medicina integral general*, p.2,3,7,8 y 9.
- Lopez, T. V. (2010). Riesgos de trabajo en una planta maquiladora: un análisis longitudinal. *Revista Internacional Administración & Finanzas, Volumen 3, Número 2*, 113.
- Lourdes, M. G. (2006). *Fundamentos de administracion*. México: Trillas.
- Manduca Alvarado, L. (2008). Aplicación informática para la evaluación riesgos industriales a fin de determinar un indicador de riesgos en empresas venezolanas. *Industrial Vol. XXIX/No. 3/2008*, 8.
- Mannan, S. (2005). *Lee's Loss Prevention in the Process Industries*. USA: ELSEVIER.
- Mapfre. (06 de Septiembre de 2014). *Fundación MAPFRE*. Obtenido de <http://www.mapfre.es/wdiccionario/terminos/vertermino.shtml?r/riesgo.htm>
- Mapre. (1 de Febrero de 2013). *Manual de riesgos p.17*. Obtenido de <http://www.mapfre.com/ccm/content/documentos/mapfrere/fichero/es/Manual-Riesgos-Construccion-ALOP.pdf>
- Mark. (2013). Prevención de accidentes. En M. R. Mille, *Enciclopedia de Seguridad y Salud en el Trabajo*. OIT. Madrid: 3ªEdición en español.
- Martin Et.al, M. G. (2010). Análisis estratégico de la industria de la construcción en España. *Universidad Nacional de Educación a Distancia*.
- Martínez, R. (2011). Análisis de la industria de la construcción estado de puebla México. *Revista internacional administración & finanzas*, p.23.

- Moreno et. al. (2008). Moreno Fidel, Godoy Elsy, Los nuevos desafíos en la gerencia de los recursos humanos: Calidad de vida laboral. *Daena: International Journal of Good Conscience*, p.3.
- Mulet Escrig Elena, C. A. (2011). *Problemas resueltos de análisis de riesgos en instalaciones industriales*. Publicaciones de la Universitat Jaume I.
- Niño, J. (2000). Factores, indicadores y marcadores de riesgo en prevención laboral. *MAPFRE Seguridad. No 77 Primer trimestre*, p.31,40 y 41.
- NOM 019. (2011). *Secretaría del Trabajo y Previsión Social*. México: DOF.
- P. Robbins, C. M. (2010). *Administración*. México: Prentice Hall PEARSON.
- Pontelli Daniel et. al, I. R. (2010). Análisis de las condiciones de riesgos laborales. Propuesta para identificar los factores que la afectan, basada en el modelo de las desviaciones. *Revista Ingeniería Industrial, Universidad del Bio-Bio*, p. 12.
- Pontelli Daniel, R. I. (2010). Analisis de las condiciones de riesgos laborales propuesta para identificar los valores que la afectan, basada en el modelo de las desviaciones. *Ingeniería Industrial - Año 9 N° 2: 7-26*, 20.
- Pulido, H. G. (2010). *Calidad Total y Productividad*. México, D.F.: McGraw-Hill.
- RFSHMAT. (15 de Enero de 1997). Reglamento Federal de Seguridad, Higiene y Medio Ambiente de Trabajo. *Secretaría del Trabajo y Prevencion Social*, 26.
- Rosas. (2011). Efrén Rosas Isaac. *Seguridad e Higiene; prevencion de riesgos: Un aprendizaje para toda la vida*, 28.
- Russo. (7 de Agosto de 2012). *Ing. José Antonio*. Obtenido de Los riesgos en la Construcción y la necesidad de prevenir: <http://www.estrucplan.com.ar/articulos/verarticulo.asp?IDArticulo=2993>
- Salas et.al. (2013). En S. I. Salas Rodrigo, *Evaluación de proyectos, metodología para análisis y solución de problemas*. Universidad de Chile, Escuela de Gobierno y Gestión Publica.
- Sarazola, C. (2005). Se requiere capacitación en seguridad e higiene laboral y conocimientos específicos según la tarea. *Revista de Antiguos Alumnos del IEEM*, 26.
- Segismundo Mojicar Caballero, B. R. (2009). Estimación de la confiabilidad en sistemas de generación distribuida de electricidad. *Ciencia en su PC, núm. 2,* 77-86, Recuperado de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=181321580007>.

- STPS. (1 de Noviembre de 2012). *Secretaría del Trabajo y Prevision Social* . Obtenido de <http://www.stps.gob.mx>
- Toro Giraldo Carolina, H. I. (2011). Ubicación óptima de elementos de protección en sistemas de distribución de energía. *Scientia Et Technica*, vol. XVI, núm. 48, 13-18, Recuperado de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=84922622003>.
- Tovar, G. (2012). La importancia de la formación estratégica en la formación por competencias: evaluación de las estrategias de acción para la solución de problemas. *Revista Electrónica de Investigación Educativa*, p.126.
- Trebilcock, A. (2013). Relaciones laborales y gestión de recursos humanos. En *Enciclopedia de Seguridad y Salud en el Trabajo* (pág. p.126). OIT. Madrid: 3ªEdición en español.
- UNAM. (Noviembre de 2012). *UNAM, Departamento de ingeniería*. Recuperado el 8 de NOVIEMBRE de 2012, de <http://www.ingenieria.unam.mx/~guiaindustrial/seguridad/info/1/4.htm>
- Unizar. (26 de Febrero de 2012). *Prevención de riesgos laborales*. Obtenido de <http://uprl.unizar.es/seguridad/lugaresdoc/senalizacion.pdf>
- Westlander, G. (2013). Factores Psicosociales y de Organización, Organizaciones y Salud y Seguridad. En *Enciclopedia de Seguridad y Salud en el Trabajo* (págs. p. 35.5, 35.7). OIT. Madrid : 3ªEdición en español.
- Wright, M. J. (2013). Negociación colectiva y salud y seguridad. En *Enciclopedia de Seguridad y Salud en el Trabajo 3ªEdición en español* (pág. 21.6). OIT. Madrid.