



# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

---

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ZARAGOZA**

Detección y análisis de las causas que generan errores y fallas durante la implementación de un sistema de medición y control de espesores en líneas y equipos.

**TESIS QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:**

**INGENIERO QUÍMICO**

**PRESENTA:**

**ROGELIO ISRAEL CABELLO FERIA**

**DIRECTOR DE TESIS:**

**Dr. M. JAVIER CRUZ GÓMEZ**

**ASESOR TÉCNICO**

**M. en I. ROLANDO JAVIER BERNAL PÉREZ**





Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

### ***AGRADECIMIENTOS.***

*A mi querida madre la profesora Luz María Fería y Martínez por todo el amor, apoyo y comprensión que me has brindado día a día, sin duda alguna éste logro es más tuyo que mío.*

*A mi querida hermana Mariana por todas esas risas y momentos agradables que pasamos juntos.*

*A mis primos Perla y Osvaldo por siempre estar conmigo, los quiero mucho.*

*A toda la familia Fería especialmente a mi abuela Hilaria y mis tías Beatriz y Consuelo.*

*A la UNAM por ser mi segunda casa desde los 14 años y darme los mejores años de mi vida además de permitirme la oportunidad de realizarme como profesionalista.*

*A mis colegas y amigos de la FES Mario, Omar, Chucho, Sergio, Manuel, Cintli, Ana, Luis Enrique, Juanito y Adriana. Gracias por su amistad durante estos años.*

*A mis amigos Cesar, Luis (Mosh), Yuritzzi, Moy, Karina, Claudia, Brisa, Anabel, Robert, Nayeli, Mónica, Pedro y Arturo pues valoro mucho su apoyo, consejos y la amistad que me han brindado algunos de ustedes durante ya bastantes años.*

*A mis compañeros de trabajo en SIMECELE Dulce, Marquito, Erika, Luis, Yasser, Ray, Jane, Abraham, Delia y demás compañeros Muchas gracias.*

*Quiero agradecer especialmente a mi asesor el Dr. Rolando Javier Bernal Pérez por su guía y consejo durante la elaboración de la presente tesis.*

*Agradezco sinceramente a los profesores que integran mi jurado por su tiempo y comentarios para mejorar el contenido de este trabajo.*

***A TODOS USTEDES MUCHAS GRACIAS POR FORMAR PARTE DE ESTA HISTORIA.***

## ÍNDICE

RESUMEN.....	1
INTRODUCCIÓN.....	2
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA EXISTENTE.....	3
OBJETIVO GENERAL.....	4
OBJETIVOS PARTICULARES.....	4
CAPÍTULO I - ENTORNO TEÓRICO.....	5
1.1 Seguridad e Higiene Industrial.....	5
1.1.1 Seguridad de procesos.....	6
1.2 Adelgazamiento de tuberías y equipos.....	6
1.3 Corrosión.....	7
1.4 Corrosión generalizada o uniforme.....	8
1.4.1 Corrosión Atmosférica. (Seca y húmeda).....	9
1.4.2 Corrosión electroquímica.....	9
1.5 Corrosión localizada o puntual.....	9
1.5.1 Corrosión por picado.....	10
1.5.2 Corrosión por erosión.....	10
1.5.3 Corrosión erosiva de tuberías por presencia de partículas sólidas.....	11
1.6 Seguridad, Salud y Protección Ambiental (SSPA).....	11
1.6.1 Objetivo.....	12
1.6.2 Alcance del Sistema y Declaratoria de Compromiso.....	12
1.7 Administración de la seguridad de los procesos.....	13
1.8 Integridad Mecánica y Aseguramiento de la Calidad (IMAC) dentro de Pemex Refinación... 15	
1.9 Integridad Mecánica.....	15
1.9.1 Importancia de la Integridad Mecánica en Procesos Petroquímicos.....	16
1.10 Aseguramiento de la calidad.....	18
1.11 Inspección Técnica de líneas y equipos de proceso.....	19
1.12 Importancia de un sistema para la administración de la integridad mecánica en líneas y equipos de proceso.....	20
1.13 Sistemas para la administración de información de la integridad mecánica de líneas y equipos de proceso.....	21

1.14 Sistema Integral de Medición y Control de Espesores de Líneas y Equipos (SIMECELE). ....	22
1.15 Normatividad Aplicable.....	26
1.15.1 Guía para el registro, Análisis y Programación de la Medición Preventiva de Espesores DG-SASIPA-IT-00204 Rev. 7 (2010).....	26
1.15.2 Procedimiento de Revisión de Níplería de Plantas en Operación GPEI-IT-0201 (1986). 27	
1.15.3 Procedimiento Para Efectuar la Revisión de la Tornillería de Tuberías y Equipos en las Instalaciones en Operación de Pemex Refinación DG-GPASI-IT-0903 Rev. 3 (1995).....	28
1.15.4 Procedimiento Para Efectuar la Inspección de Tuberías de Proceso y Servicios Auxiliares en Operación de las Instalaciones de Pemex Refinación. GPASI-IT-0209 Rev.2 1994. ....	29
1.15.5 Procedimiento Para el Control de Desgaste de Níplería GPI-IT-4200 (1986). ....	30
1.15.6 Espesores de Retiro Para Tuberías, Válvulas y Conexiones Metálicas, Empleadas en el Transporte de Fluidos. DG-ASIPA-IT-00008 (2001). ....	31
1.16 Diagrama de causa-efecto o espina de pescado de Ishikawa.....	32
1.17 Descripción del proceso de implementación del SIMECELE. ....	33
1.17.1 Etapa 1 Recopilación de información.....	33
1.17.2 Etapa 2 Identificación y Censo de Circuitos. ....	35
1.17.2.1 División de circuitos de líneas de proceso. ....	35
1.17.2.2 Censo de Circuitos de Equipos. ....	36
1.17.3 Etapa 3 Identificación y censo de unidades de control.....	36
1.17.3.1 División de unidades de control de líneas.....	37
1.17.3.2 División de unidades de control de equipos. ....	38
1.17.4 Etapa 4 Actualización en campo de isométricos.....	40
1.17.4.1 Levantamientos y/o revisión de isométricos de líneas.....	40
1.17.4.2 Levantamiento de sombreado y degradado (ashurados).....	42
1.17.4.3 Levantamientos y/o revisión de isométricos de equipos.....	45
1.17.5 Etapa 5 Digitalización en AutoCAD de diagramas para inspección técnica de espesores. ....	47
1.17.5.1 Diagramas para Inspección Técnica de Espesores de Líneas. ....	48
1.17.5.2 Diagramas para Inspección Técnica de Espesores de Equipos. ....	50
1.17.6 Etapa 6 Correlación de niveles en los Diagramas de Inspección Técnica. ....	51
1.17.6.1 Empates de unidades de control de líneas (tubería). ....	52
1.17.6.2 Empates de unidades de control de equipos.....	55

1.17.7 Etapa 7 Captura de especificación de materiales. ....	57
1.17.7.1 Captura del Licenciador.....	57
1.17.7.2 Captura de especificación de materiales. ....	58
1.17.7.3 Captura de área o sector.....	60
1.17.7.4 Captura de la planta, terminal o estación.....	60
1.17.7.5 Captura de circuitos para líneas.....	62
1.17.7.6 Captura de circuitos para equipos. ....	63
1.17.8 Etapa 8 Captura de la estructura de la unidad de control. ....	64
1.17.8.1 Captura de Unidad de Control de líneas.....	65
1.17.9 Etapa 9 Captura de inspecciones de la unidad de control.....	72
1.17.9.1 Captura de la fecha de calibración.....	72
1.17.9.2 Captura de inspección de tuberías.....	74
1.17.9.3 Captura de inspección de niplería.....	75
1.17.9.4 Captura de inspección de tornillería. ....	76
1.17.10 ETAPA 10 Revisión y Validación del análisis de la Medición de espesores, y generación del programa anual de Mediciones de espesores. ....	77
1.18 Metodología para la detección y análisis de las causas que generan fallas y errores durante la implementación del SIMECELE.....	80
1.18.1 Recopilación de la información necesaria para el diagnóstico. ....	80
1.18.2 Agrupación de la información recabada. ....	81
1.18.3 Análisis de la información agrupada. ....	82
<b>CAPÍTULO II - RESULTADOS. ....</b>	<b>83</b>
2.1 Marco referencial.....	83
2.2 Recopilación de la información necesaria para el diagnóstico. ....	83
2.3 Agrupación de la información recabada. ....	84
<b>CAPÍTULO III - ANÁLISIS DE LAS CAUSAS QUE GENERAN ERRORES Y FALLAS DURANTE EL PROCESO DE IMPLEMENTACIÓN DEL SIMECELE. ....</b>	<b>97</b>
3.1 Espinas de pescado. ....	97
3.2 Análisis de los diagramas de causa y efecto de Ishikawa.....	102
3.2.1 Análisis del Bloque 1.....	102
3.2.2 Análisis del Bloque 2.....	104
3.2.3 Análisis del Bloque 3.....	107

3.2.4 Análisis global.....	110
CAPÍTULO IV - PROPUESTA DE ESTRATEGIAS DE MEJORA AL PROCESO DE IMPLEMENTACIÓN DEL SIMECELE.....	112
4.1 Propuesta del plan de trabajo para la puesta en marcha de las estrategias de mejora al proceso de implementación del SIMECELE.....	117
4.1.1 Capacitación.....	117
4.1.2 Mantenimiento de los equipos de cómputo, red y mejoras al software SIMECELE.....	120
4.1.3 Técnicas a seguir para la mejora del proceso de implementación del SIMECELE.....	121
4.1.4 Otras recomendaciones.....	122
CAPÍTULO V - CONCLUSIONES.....	124
BIBLIOGRAFÍA.....	126
ANEXO A. CUESTIONARIO PARA ENTREVISTAS.....	128
ANEXO B. INFORMACIÓN RECABADA.....	129
GLOSARIO.....	140

## ÍNDICE DE TABLAS.

TABLA 1 FACTORES QUE INTERVIENEN EN LA CORROSIÓN (HIGGINS, 1973).....	8
TABLA 2. AGRUPACIÓN DE LA INFORMACIÓN RECABADA CON APOYO DEL INGENIERO COORDINADOR DE PROYECTO.....	87
TABLA 3. AGRUPACIÓN DE LA INFORMACIÓN RECABADA CON APOYO DEL INGENIERO COORDINADOR DE PROYECTO. (CONTINUACIÓN).....	88
TABLA 4. AGRUPACIÓN DE LA INFORMACIÓN RECABADA CON APOYO DEL INGENIERO RESIDENTE.....	88
TABLA 5. AGRUPACIÓN DE LA INFORMACIÓN RECABADA CON APOYO DEL INGENIERO RESIDENTE. (CONTINUACIÓN).....	89
TABLA 6. AGRUPACIÓN DE LA INFORMACIÓN RECABADA CON APOYO DEL ESPECIALISTA TÉCNICO 1.....	90
TABLA 7. AGRUPACIÓN DE LA INFORMACIÓN RECABADA CON APOYO DEL ESPECIALISTA TÉCNICO 1. (CONTINUACIÓN).....	91
TABLA 8. AGRUPACIÓN DE LA INFORMACIÓN RECABADA CON APOYO DEL ESPECIALISTA TÉCNICO 2.....	92
TABLA 9. AGRUPACIÓN DE LA INFORMACIÓN RECABADA CON APOYO DEL ESPECIALISTA TÉCNICO 2. (CONTINUACIÓN).....	93
TABLA 10. AGRUPACIÓN DE LA INFORMACIÓN RECABADA CON APOYO DEL ESPECIALISTA TÉCNICO 3.....	94
TABLA 11. AGRUPACIÓN DE LA INFORMACIÓN RECABADA CON APOYO DEL ESPECIALISTA TÉCNICO 3. (CONTINUACIÓN).....	95
TABLA 12. AGRUPACIÓN DE LA INFORMACIÓN RECABADA CON APOYO DEL ESPECIALISTA TÉCNICO 3. (CONTINUACIÓN).....	96
TABLA 13. ESTRATEGIAS DE MEJORA AL PROCESO DE IMPLEMENTACIÓN DEL SIMECELE BLOQUE 1.....	112

TABLA 14. ESTRATEGIAS DE MEJORA AL PROCESO DE IMPLEMENTACIÓN DEL SIMECELE. BLOQUE 1. (CONTINUACIÓN).....	113
TABLA 15. ESTRATEGIAS DE MEJORA AL PROCESO DE IMPLEMENTACIÓN DEL SIMECELE BLOQUE 2. ....	114
TABLA 16. ESTRATEGIAS DE MEJORA AL PROCESO DE IMPLEMENTACIÓN DEL SIMECELE BLOQUE 2 (CONTINUACIÓN).....	115
TABLA 17. ESTRATEGIAS DE MEJORA AL PROCESO DE IMPLEMENTACIÓN DEL SIMECELE BLOQUE 3. ....	116
TABLA 18. DISTRIBUCIÓN DE LAS CAUSAS QUE GENERAN ERRORES DURANTE EL PI-SIMECELE.....	124
TABLA 19. CAUSAS DETECTADAS CON APOYO DEL INGENIERO COORDINADOR DE PROYECTO. ....	129
TABLA 20. CAUSAS DETECTADAS CON APOYO DEL INGENIERO COORDINADOR DE PROYECTO (CONTINUACIÓN).....	130
TABLA 21. CAUSAS DETECTADAS CON APOYO DEL INGENIERO RESIDENTE. ....	130
TABLA 22. CAUSAS DETECTADAS CON APOYO DEL INGENIERO RESIDENTE (CONTINUACIÓN). ....	131
TABLA 23. CAUSAS DETECTADAS CON APOYO DEL INGENIERO RESIDENTE (CONTINUACIÓN). ....	132
TABLA 24. CAUSAS DETECTADAS CON APOYO DEL ESPECIALISTA TÉCNICO 1. ....	132
TABLA 25. CAUSAS DETECTADAS CON APOYO DEL ESPECIALISTA TÉCNICO 1 (CONTINUACIÓN). ....	133
TABLA 26. CAUSAS DETECTADAS CON APOYO DEL ESPECIALISTA TÉCNICO 1 (CONTINUACIÓN). ....	134
TABLA 27. CAUSAS DETECTADAS CON APOYO DEL ESPECIALISTA TÉCNICO 2. ....	134
TABLA 28. CAUSAS DETECTADAS CON APOYO DEL ESPECIALISTA TÉCNICO 2 (CONTINUACIÓN) .....	135
TABLA 29. CAUSAS DETECTADAS CON APOYO DEL ESPECIALISTA TÉCNICO 2 (CONTINUACIÓN) .....	136
TABLA 30. CAUSAS DETECTADAS CON APOYO DEL ESPECIALISTA TÉCNICO 3. ....	137
TABLA 31. CAUSAS DETECTADAS CON APOYO DEL ESPECIALISTA TÉCNICO 3 (CONTINUACIÓN). ....	138
TABLA 32. CAUSAS DETECTADAS CON APOYO DEL ESPECIALISTA TÉCNICO 3 (CONTINUACIÓN). ....	139

## ÍNDICE DE FIGURAS.

FIGURA 1. ADMINISTRACIÓN DE LA SEGURIDAD DE PROCESOS. ....	14
FIGURA 2. ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD DE EQUIPOS. ....	19
FIGURA 3. INSPECCIÓN DE LÍNEAS Y EQUIPOS CON SIMECELE .....	25
FIGURA 4. ESPINA DE PESCADO DE ISHIKAWA.....	33
FIGURA 5. DIVISIÓN DE CIRCUITOS EN UN DFP.....	36
FIGURA 6. IDENTIFICACIÓN DE UCL EN UN DTI.....	38
FIGURA 7. DIVISIÓN DE UNIDADES DE CONTROL EN UN INTERCAMBIADOR DE HAZ DE TUBOS .....	39
FIGURA 8. DIVISIÓN DE UNIDADES DE CONTROL EN TANQUES A) TANQUE VERTICAL B) ESFERA .....	39
FIGURA 9. SOMBREADO EN TUBERÍAS QUE SE MUEVEN EN UN PLANO VERTICAL. ....	43
FIGURA 10. SOMBREADO EN TUBERÍAS QUE SE DESPLAZAN EN UN PLANO HORIZONTAL. ....	43
FIGURA 11. SOMBREADO EN TUBERÍAS QUE SE MUEVEN EN PLANO HORIZONTAL Y VERTICAL .....	44
FIGURA 12. LEVANTAMIENTO EN CAMPO CORRESPONDIENTE A UNA UC DE LÍNEA. ....	45
FIGURA 13. PLANTILLA DE LÍNEA PARA REFINERÍA EN AUTOCAD 2010. ....	48
FIGURA 14. LEVANTAMIENTO EN CAMPO DE LÍNEA.....	49
FIGURA 15. ISOMÉTRICO ACTUALIZADO Y DIGITALIZADO EN FORMATO SIMECELE. ....	49
FIGURA 16. EJEMPLOS DE DIBUJOS PRE-CARGADOS EN AUTOCAD.....	50
FIGURA 17. EJEMPLO DE DIGITALIZACIÓN DE UN INTERCAMBIADOR DE CALOR. ....	51
FIGURA 18. COMPARACIONES ENTRE EL ISOMÉTRICO DE REFERENCIA Y EL ACTUALIZADO. ....	53
FIGURA 19. FORMATO DE EMPATE PARA UC DE LÍNEAS. ....	54



FIGURA 20. COMPARACIÓN DE NIVELES DE MEDICIÓN ENTRE EL DIBUJO ACTUALIZADO Y EL DE REFERENCIA (EQUIPOS).....	56
FIGURA 21. FORMATO DE EMPATE PARA UNA UC DE EQUIPOS.....	57
FIGURA 22. CAPTURA DEL LICENCIADOR .....	58
FIGURA 23. HOJA DE ESPECIFICACIONES DE MATERIALES.....	59
FIGURA 24. CAPTURA DEL SECTOR EN EL SIMECELE.....	60
FIGURA 25. CAPTURA DE LA PLANTA.....	61
FIGURA 26. RESUMEN DE INFORMACIÓN DEL CIRCUITO PARA LÍNEAS.....	63
FIGURA 27. RESUMEN DE INFORMACIÓN DEL CIRCUITO PARA EQUIPOS .....	64
FIGURA 28. MENÚ DE CAPTURAS.....	65
FIGURA 29. DETALLES DE IDENTIFICACIÓN DE LA UNIDAD DE CONTROL DE LÍNEAS.....	66
FIGURA 30. SELECCIÓN DE LA ESPECIFICACIÓN DEL MATERIAL.....	67
FIGURA 31. ELECCIÓN DEL SERVICIO DE LA UNIDAD DE CONTROL DE LÍNEAS.....	67
FIGURA 32. CAPTURA DE LAS CONDICIONES DE OPERACIÓN DE LA UC DE LÍNEAS.....	68
FIGURA 33. SELECCIÓN DE LOS DIÁMETROS DE LA UC DE LÍNEAS.....	69
FIGURA 34. CAPTURA DE LOS NIVELES DE REVISIÓN Y MEDICIÓN DE ESPESORES DE TUBERÍA EN UNA UC DE LÍNEAS.....	70
FIGURA 35. CAPTURA DE LOS NIVELES DE REVISIÓN Y MEDICIÓN DE ESPESORES DE NIPLERÍA EN UNA UNIDAD DE CONTROL DE LÍNEAS.....	71
FIGURA 36. CAPTURA DE LOS NIVELES DE INSPECCIÓN DE TORNILLERÍA DE LA UC DE LÍNEAS.....	72
FIGURA 37. CAPTURA DE DATOS DE INSPECCIÓN.....	74
FIGURA 38. CAPTURA DE INSPECCIÓN DE TUBERÍAS.....	75
FIGURA 39. CAPTURA DE LA INSPECCIÓN DE NIPLERÍA.....	75
FIGURA 40. CAPTURA DE LA INSPECCIÓN DE TORNILLERÍA.....	76
FIGURA 41. CONSULTA DE ISOMÉTRICO DENTRO DE SIMECELE.....	77
FIGURA 42. PROGRAMA ANUAL DE MEDICIÓN DE ESPESORES DE LÍNEA EN SIMECELE.....	78
FIGURA 43. ESPESORES DE LÍNEA EN SIMECELE.....	78
FIGURA 44. GRÁFICA DE DATOS DE ESPESORES DE LÍNEA EN SIMECELE.....	79
FIGURA 45. DIAGRAMA CAUSA Y EFECTO DE ISHIKAWA CORRESPONDIENTE AL BLOQUE 1.....	99
FIGURA 46. DIAGRAMA CAUSA Y EFECTO DE ISHIKAWA CORRESPONDIENTE AL BLOQUE 2.....	100
FIGURA 47. DIAGRAMA CAUSA Y EFECTO DE ISHIKAWA CORRESPONDIENTE AL BLOQUE 3.....	101
FIGURA 48. DISTRIBUCIÓN PORCENTUAL DE ERRORES EN EL BLOQUE 1.....	102
FIGURA 49. DISTRIBUCIÓN PORCENTUAL DE ERRORES EN EL BLOQUE 2.....	105
FIGURA 50. DISTRIBUCIÓN PORCENTUAL DE ERRORES EN EL BLOQUE 3.....	107
FIGURA 51. DISTRIBUCIÓN PORCENTUAL DEL TOTAL DE ERRORES.....	110

## RESUMEN.

El proceso de implementación del Sistema de Medición y Control de Espesores de Líneas y Equipos (SIMECELE) se realiza a través de una serie de 10 pasos bien definidos mediante los cuales se busca aprovechar al máximo las herramientas tecnológicas e informáticas para obtener una adecuada administración de la información relacionada con la integridad mecánica de líneas y equipos de proceso que manejan, transportan y almacenan hidrocarburos, sustancias tóxicas o agresivas. Lo anterior con la finalidad de salvaguardar la integridad de las instalaciones, el medio ambiente y el personal que labora en los centros de trabajo de Pemex-Refinación.

En este trabajo se realizó una descripción explícita del proceso de implementación del SIMECELE y un análisis de las causas que generan errores y fallas durante dicha implementación, para de esta forma dar la propuesta de trabajo que en teoría permitirá reducir significativamente dichos errores y fallas.

Mediante entrevistas presenciales a los Ingenieros encargados del proceso de implementación del SIMECELE se detectaron un total de 69 causas generadoras de errores y fallas.

La herramienta que permite una adecuada tipificación y agrupación de las causas que generan errores y fallas durante la implementación del SIMECELE es la Espina de Pescado de Ishikawa, la cual sienta las bases para realizar el análisis que permite proponer las soluciones que en teoría eliminarán los errores y fallas durante dicha implementación.

A partir de este análisis se pudo proponer una serie de estrategias de trabajo y mejoras al software para eliminar o reducir al mínimo todas las causas que dan origen a las fallas y errores durante la implementación del software SIMECELE y así obtener información más veraz y confiable respecto a la integridad mecánica de líneas y equipos de proceso.

## INTRODUCCIÓN.

Hoy en día los conceptos de seguridad e higiene industrial tienen una gran importancia a nivel mundial y en la industria del refino de petróleo no son la excepción, esto principalmente al mayor compromiso de las empresas con el medio ambiente y con la seguridad e integridad física de sus trabajadores.

De igual forma al reducir la probabilidad de accidentes y así evitar paros, las plantas petroquímicas pueden seguir con mayor control y continuidad sus procesos de producción, lo cual se refleja en mayores ganancias.

Para reducir accidentes y paros de planta existe la necesidad de garantizar un adecuado estado de los equipos, líneas de proceso y de servicios auxiliares, así como una óptima operación de los mismos.

Para garantizar la seguridad en las plantas de proceso, entre otras cuestiones es necesario conocer el desgaste existente en las líneas y equipos de proceso, así como en los de servicios auxiliares. Este desgaste puede ser causado por el uso normal, defectos de fabricación, mal diseño, condiciones ambientales, etcétera.

Los niveles de desgaste pueden ser inspeccionados en campo por diferentes pruebas no destructivas (PND) las cuales arrojan datos confiables. Y a partir de estos datos se pueda realizar la programación de nuevos planes de inspección, mantenimiento correctivo y preventivo y en caso de ser necesario paro de la planta para el cambio de dichas unidades de control.

Asimismo es necesaria una herramienta que permita administrar y tener un correcto control de toda la información generada en las actividades relacionadas con la medición de espesores de equipos y líneas de proceso, la cual esté sustentada en las diferentes normas en vigor para dicha inspección.

Como una propuesta para resolver esta necesidad se desarrolló el software SIMECELE (Sistema de Medición y Control de Espesores en Líneas y Equipos).

El cual tiene como objetivo incrementar la eficiencia en la administración de la información obtenida en las pruebas de inspección técnica de líneas y equipos de proceso en Pemex-Refinación, además permite visualizar de una manera fácil y rápida toda la información relacionada con las unidades de control, desde datos de diseño y condiciones de operación, hasta dibujos isométricos que muestren las líneas y equipos existentes en campo.

Pero para poder implementar un sistema para la administración de la integridad mecánica en líneas y equipos de proceso es necesario atravesar varias etapas, en las cuales la información puede ser errónea, alterada, perdida o poco confiable, lo que puede dar como resultados la toma de decisiones equivocadas respecto al estado físico (integridad mecánica) de las unidades de control.

En el presente proyecto de tesis se presenta un análisis al proceso de implementación del Sistema de Medición y Control de Espesores en Líneas y Equipos (SIMECELE), en el cual se señalan las causas posibles de los errores y fallas durante las diferentes etapas de la implementación. Asimismo se proponen posibles recomendaciones para aminorar o evitar dichas fallas y hacer más confiable y eficiente la administración de la información de líneas y equipos de proceso.

## **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA EXISTENTE.**

El personal de trabajo del Centro de Estudios para la Administración de la Seguridad de los Procesos Petroquímicos, Poliméricos y la Protección Ambiental (CEASP<sup>4</sup>A), es el encargado del desarrollo y operación del software SIMECELE, además de brindar el servicio de implementación del Sistema Integral de Medición y Control de Espesores de Líneas y Equipos a los diferentes centros de trabajo de Pemex-Refinación. Esto es posible al seguir una serie de diez pasos llamados etapas de implementación del SIMECELE. Sin embargo, en cada una de estas diez etapas, existen diferentes causas de tipo humano, tecnológicos y de recursos,

entre otros, que generan errores y fallas durante dicho proceso de implementación, lo anterior afecta directamente en la calidad del servicio ofrecido al cliente y resta competitividad a la empresa prestadora del servicio.

Detectar y analizar dichas causas de errores permitirá generar un diagnóstico, en el cual se resaltarán de manera clara, muchas áreas de oportunidad de mejora las cuales servirán de base para generar programas que permitan dar soluciones viables al presente problema enunciado.

## **OBJETIVO GENERAL.**

Detectar, tipificar y analizar las causas que producen errores y fallas durante el proceso de implementación de un Sistema de Medición y Control de Espesores en Líneas y Equipos (SIMECELE). Asimismo hacer recomendaciones para aminorar los efectos de dichas fallas en la búsqueda de hacer más confiable la información generada durante el proceso de implementación.

## **OBJETIVOS PARTICULARES.**

- Describir las etapas de las que se compone el proceso de implementación del SIMECELE.
- Detectar las causas que producen errores durante la implementación del SIMECELE.
- Tipificar por medio de la herramienta Diagrama de Causa-Efecto de Ishikawa las causas que generan errores durante el proceso de implementación del SIMECELE.
- Proponer estrategias de mejora que en teoría solucionen las causas que generan errores y fallas durante la implementación del SIMECELE.

## CAPÍTULO I - ENTORNO TEÓRICO.

### 1.1 Seguridad e Higiene Industrial.

Para esta tesis se toma como referencia los planteamientos de Hernández Zúñiga, (2005) al respecto de la seguridad. El autor plantea que:

“La seguridad e higiene aplicada a los centros de trabajo tienen como objetivo salvaguardar la vida y preservar la salud y la integridad física de los trabajadores, por medio del dictado de normas encaminadas tanto a que se les proporcionen las condiciones adecuadas para el trabajo, como a capacitarlos y adiestrarlos para que se eviten, dentro de lo posible, las enfermedades y los accidentes laborales.”

Por consiguiente el autor afirma que:

“La seguridad y la higiene industrial son entonces el conjunto de conocimientos científicos y tecnológicos destinados a localizar, evaluar, controlar y prevenir las causas de los riesgos en el trabajo a que están expuestos los trabajadores en el ejercicio o con motivo de su actividad laboral.” (Hernández Zúñiga, 2005)

Dentro de los principios de responsabilidad social de Pemex-Refinación destacan los siguientes principios bajo los cuales se rige la filosofía de seguridad industrial dentro de sus instalaciones (Pemex Gas y Petroquímica Básica, 2012).

#### Principio 1.

La seguridad, salud y protección ambiental son valores de la más alta prioridad para la producción, el transporte, las ventas, la calidad y los costos.

#### Principio 2.

Todos los incidentes y lesiones se pueden prevenir.

Principio 3.

La seguridad, salud y protección ambiental son responsabilidad de todos y condición de empleo.

Principio 4.

Pemex se compromete a continuar protegiendo y mejorando el medio ambiente en beneficio de la comunidad.

Principio 5

Los trabajadores de Pemex estamos convencidos de que la Seguridad, Salud en el trabajo y Protección Ambiental son en beneficio propio y nos motivan a participar en este esfuerzo

### **1.1.1 Seguridad de procesos.**

Para este punto se toma el concepto de los autores Marshall y Ruhemann (2001) quienes lo definen de la siguiente manera:

Es la rama de la seguridad que se encarga del control de accidentes especiales y característicos de las industrias de proceso.

La seguridad de procesos se ocupa de prevenir la liberación inminente de energía o sustancias en cantidades nocivas, y de limitar la magnitud y consecuencias en caso de que lleguen a ocurrir dichas liberaciones. Se ocupa especialmente de las que pueden ocurrir a gran escala y que pueden dañar tanto a los empleados como a otros miembros de la sociedad; a las instalaciones, en el sitio y fuera de éste; o que pueden producir daños severos al medio ambiente (Marshall y Ruhemann, 2001).

### **1.2 Adelgazamiento de tuberías y equipos.**

De acuerdo a la norma de referencia DG- SASIPA-IT-00204 de Pemex Refinación está se define como la “pérdida o disminución del espesor del material”.

El fenómeno ocurre en el área interna de la tubería o equipo la cual tiene contacto con el fluido y es más severo en las áreas donde se presenta flujo turbulento, tales como cambios de dirección en tuberías (codos, tees, injertos, etc.) o después de válvulas de control donde puede haber vaporización. El daño por adelgazamiento o desgaste se incrementa en flujos con grandes cantidades de partículas sólidas que fluyen a altas velocidades.

El adelgazamiento en tuberías y equipos suele darse principalmente por dos mecanismos, la corrosión y erosión.

### 1.3 Corrosión.

De acuerdo con Higgins (1973), desde el punto de vista económico, la corrosión de los metales es uno de los problemas metalúrgicos más importantes presentes en la civilización. El autor plantea que:

En gran parte, la corrosión es un resultado de la oxidación atmosférica directa de una superficie metálica. La rapidez con que tenga lugar esta corrosión depende, principalmente, de la afinidad que tenga el metal con el oxígeno.

Frecuentemente, sin embargo, la corrosión metálica se debe a la acción electrolítica más que a simple oxidación. La acción electrolítica es posible cuando dos metales diferentes se encuentran en proximidad y están cubiertos por una película continua de algún electrolito (Higgins, 1973).

Es un fenómeno inevitable a largo plazo, si no se toman las precauciones adecuadas deteriora la integridad estructural de tuberías y equipos y los convierte en un medio inseguro para el transporte de cualquier fluido, debido a diversos factores que intervienen en la corrosión (Tabla 1).



**Tabla 1 Factores que intervienen en la corrosión (Higgins, 1973).**

Factores que definen las formas de ataque	Factores Metalúrgicos	Factores que definen las condiciones de empleo	Factores que dependen del tiempo
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Concentración del reactivo</li> <li>• Contenido en Oxígeno</li> <li>• pH del medio</li> <li>• Adiciones de inhibidores</li> <li>• Temperatura</li> <li>• Presión</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Composición de la aleación</li> <li>• Procedimiento de elaboración</li> <li>• Impurezas</li> <li>• Tratamientos térmicos y mecánicos</li> <li>• Adiciones protectoras</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Estado de la superficie</li> <li>• Forma de las piezas</li> <li>• Solicitaciones mecánicas</li> <li>• Empleo de inhibidores</li> <li>• Características de las uniones</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Envejecimiento</li> <li>• Tensiones mecánicas</li> <li>• Temperatura</li> <li>• Modificación de los revestimientos protectores</li> </ul>

#### 1.4 Corrosión generalizada o uniforme.

De acuerdo con Pancorbo (2011) este tipo de corrosión se define de la siguiente manera:

Es la forma más benigna de la corrosión y el tipo más comúnmente encontrado, caracterizándose por el adelgazamiento progresivo y uniforme del componente metálico. El ataque se extiende de forma homogénea sobre toda la superficie metálica, es decir, la pérdida de espesor será muy parecida en cada punto de la superficie del material y su penetración media es igual en toda la superficie. En el caso de las conducciones esto da lugar a la aparición de fooling o ensuciamiento del circuito. Un ataque de este tipo permite calcular fácilmente la vida útil de los materiales expuestos a él (Pancorbo Floristán, 2011).

Este tipo de corrosión se subdivide en los siguientes mecanismos.

#### **1.4.1 Corrosión Atmosférica. (Seca y húmeda).**

En el libro *Corrosión, Degradación y Envejecimiento de los Materiales Empleados en la Edificación* del autor Pancorbo (2011), este tipo de corrosión es definido de la siguiente manera:

El medio agresivo en el que se originan más del 50% de las pérdidas totales, atribuibles a fallos por la existencia de fenómenos de corrosión, es la atmósfera. ¿El motivo? Se calcula que más del 80% del material metálico está expuesto a la atmósfera, donde existe una capa de humedad que actúa como electrolito, generando, por lo tanto, una corrosión de carácter electroquímico. El oxígeno del aire y los contaminantes atmosféricos inciden intensamente en la corrosión metálica. (Pancorbo Floristán, 2011)

#### **1.4.2 Corrosión electroquímica.**

Para el autor Pancorbo (2011) la corrosión electroquímica se define de la siguiente manera:

“Considerados desde el punto de vista de la participación de iones metálicos, todos los procesos de corrosión son electroquímicos. Sin embargo, es usual designar corrosión electroquímica a la que implica un transporte simultáneo de electricidad a través de un electrolito. A este grupo pertenecen la corrosión en soluciones salinas y agua de mar, la corrosión atmosférica, en suelos, etcétera.” (Pancorbo Floristán, 2011)

#### **1.5 Corrosión localizada o puntual.**

“Es una corrosión aislada en una superficie interna o externa del metal que podría en corto tiempo perforarla, puede presentarse con diversas dimensiones.” (NRF-030-PEMEX-2009).

En general este tipo de corrosión supone pérdidas pequeñas de material, pero sus consecuencias son peores ya que es menos previsible y su evolución es irregular.

### 1.5.1 Corrosión por picado.

Este tipo de corrosión es de ataque localizado y está definida por la norma de referencia NRF-030-PEMEX-2009 como “Corrosión localizada confinada a un punto o un área pequeña, la cual tiene forma de cavidad y que en corto plazo puede traspasar el espesor del material afectado.”

Ésta es una de las más destructivas formas de corrosión que puede hacer fallar a las instalaciones con un mínimo de pérdida de peso de la estructura total.

Es difícil detectar hoyos debido a su tamaño, además de que están cubiertos de productos de corrosión, aunado a esto es difícil comparar el grado de picado debido a la gran variedad de profundidades y el número de hoyos que puedan presentarse en condiciones idénticas.

### 1.5.2 Corrosión por erosión.

La norma de referencia DG-GPASI-IT-0209 define este tipo de corrosión de la siguiente manera:

La erosión ocurre en áreas de flujo turbulento, tales como cambios de dirección en un sistema de tubería o después de válvulas de control donde puede haber vaporización. El daño por erosión se incrementa en flujos con grandes cantidades de partículas sólidas o líquidas fluyendo a velocidades altas.

Estos son algunos ejemplos de sitios a inspeccionar:

- a) Después de las válvulas de control, especialmente cuando hay “flasheo”.
- b) Después de placas de orificio.
- c) Después de la descarga de bombas.
- d) En cualquier punto de un cambio de dirección del flujo, como el radio interior y exterior de codos.

e) Después de configuraciones de la tubería (como soldaduras, termopozos y bridas) que producen turbulencia.

### **1.5.3 Corrosión erosiva de tuberías por presencia de partículas sólidas.**

Este tipo de corrosión es una de las formas más dañinas en lo que a adelgazamiento de tuberías y equipos se refiere.

El proceso de erosión es provocado por el arrastre de material en el interior de las tuberías debida a las altas velocidades y turbulencias del líquido en el interior de éstas, además de la presencia de partículas sólidas existentes en el fluido de trabajo.

Las lesiones se manifiestan después de una curvatura, estrechamiento o ensanchamiento de los tubos donde suelen producirse adelgazamientos del material que pueden ser causa de roturas. Después de los codos y demás accesorios se producen altas velocidades y turbulencias en el fluido que circula por el interior de los tubos. En estas superficies de choque, la capa de protección que se forma es arrastrada progresivamente dejando al descubierto el material primitivo, que se somete a una nueva oxidación. De esta manera se produce el adelgazamiento progresivo de las paredes internas del tubo y del mismo modo, se produce la erosión mecánica su superficie.

### **1.6 Seguridad, Salud y Protección Ambiental (SSPA).**

El Sistema de Seguridad, Salud y Protección Ambiental (SSPA) tiene como objetivo lograr la meta de cero lesiones, cero incidentes éticos o ambientales y cero conflictos laborales.

Para lo anterior, PEMEX ha implantado cinco herramientas fundamentales:

- Disciplina operativa (DO).
- Administración de la seguridad de los procesos (ASP).
- Integridad Mecánica y Aseguramiento de la Calidad (IMAC).
- Doce mejores prácticas internacionales.
- Procedimientos operativos y administrativos.

### **1.6.1 Objetivo.**

El sistema de PEMEX-SSPA tiene como finalidad guiar a la empresa hacia una mejora continua en su desempeño en materia de Seguridad, Salud en el Trabajo y Protección Ambiental, mediante la administración de los riesgos de sus operaciones y/o procesos productivos, a través de la implantación de los elementos que lo componen y la interrelación entre ellos, actuando como herramienta de apoyo al proceso homologado y mejorando la Seguridad, Salud en el Trabajo y Protección Ambiental, consolidando así una cultura en la materia con énfasis en la prevención.

### **1.6.2 Alcance del Sistema y Declaratoria de Compromiso.**

El sistema PEMEX-SSPA es de aplicación obligatoria tanto para el ciclo de vida laboral de sus trabajadores como para el ciclo de vida de las instalaciones, procesos, productos y servicios de los Organismos Subsidiarios y áreas corporativas de Petróleos Mexicanos, considerando sus actividades actuales y/o futuras.

Para establecer el marco dentro del cual se circunscriben los objetivos, metas y acciones, en relación con el sistema PEMEX-SSPA, Petróleos Mexicanos declara su política en materia de SSPA:

Un desempeño eficiente en materia de Seguridad, Salud en el trabajo y Protección Ambiental, requiere del compromiso de la organización con un enfoque sistémico y

systemático y con la mejora continua de un sistema de gestión en la materia. Este es el sistema PEMEX-SSPA, el cual está integrado por las 12 Mejores Prácticas Internacionales de SSPA (12 MPI) como base de tres subsistemas:

- Subsistema de Administración de la Seguridad de los Procesos (SASP)
- Subsistema de Administración de Salud en el Trabajo (SAST)
- Subsistema de Administración Ambiental (SAA)

Para los fines que persiguen este trabajo se abordara con más detalle el Subsistema de Administración de la Seguridad de los Procesos.

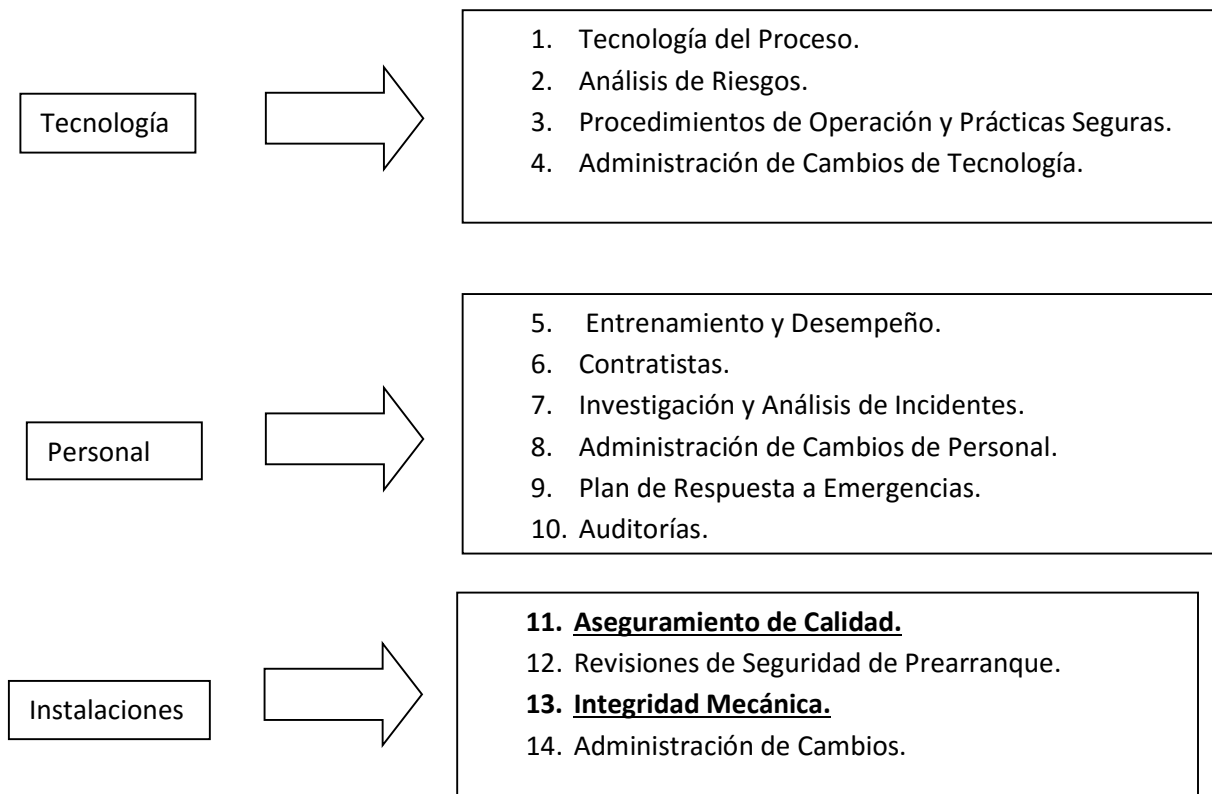
### **1.7 Administración de la seguridad de los procesos.**

Siempre que existan procesos en lo que se utilicen la temperatura y la presión para modificar la estructura molecular de un producto químico o para crear nuevos productos a partir de sustancias químicas, existe la posibilidad de que ocurra un incendio, alguna explosión, emisiones de líquidos, gases o vapores que pueden resultar tóxicos e inflamables.

Para proteger al personal, las instalaciones y el medio ambiente se requiere de la aplicación de la llamada “Administración de la Seguridad de Procesos” la cual está definida por el SASP (Subsistema de Administración de la Seguridad de los Procesos) organismo de Pemex de la siguiente manera:

“Es la aplicación de sistemas y controles administrativos (programas, procedimientos, evaluaciones, auditorías) a las operaciones que involucran materiales peligrosos de manera que los riesgos del proceso estén identificados, entendidos y controlados y las lesiones e incidentes relacionados con el proceso puedan ser eliminados”

La Administración de la Seguridad de Procesos (figura 1) en Pemex, involucra un total de 14 elementos ordenados en tres grupos principales.



Fuente: Betancourt Sánchez, 2014

**Figura 1. Administración de la Seguridad de Procesos.**

Para los fines prácticos y puntuales que se desarrollaron en esta tesis y de los que se ocupa el Sistema de Medición y Control de Espesores en Líneas y Equipos (SIMECELE) se profundizará en los puntos de Aseguramiento de la Calidad e Integridad Mecánica.

## **1.8 Integridad Mecánica y Aseguramiento de la Calidad (IMAC) dentro de Pemex Refinación.**

Dentro de los elementos que conforman la Administración de la Seguridad de los Procesos (ASP). En la sección “Instalaciones”, se contemplan dos elementos que son Integridad Mecánica y Aseguramiento de Calidad, como elementos para eliminar incidentes, accidentes y eventos de fallas de las instalaciones, que pudieran afectar la seguridad, la salud ocupacional, el medio ambiente, la productividad, la producción, la calidad, el costo y a la comunidad.

“IMAC se enfoca en el mantenimiento, las operaciones y en la mejora continua de la integridad y confiabilidad de los sistemas (líneas y equipos) para contener y manejar de manera segura las sustancias y materiales peligrosos a lo largo de toda su vida útil dentro los centros de trabajo de Pemex Refinación.”(PEMEX exploración y producción, 2009)

Por lo tanto es un sistema que puede contribuir y ayudar al personal de Pemex a asegurar que todas sus instalaciones, sistemas, procesos, equipos y componentes mantengan sus condiciones originales de diseño desde su fabricación, instalación, comisionamiento, arranque exitoso, operación durante toda su vida útil hasta su desmantelamiento y disposición, de manera confiable y segura.

## **1.9 Integridad Mecánica.**

Dentro de las principales actividades que se llevan a cabo en Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios, se encuentran la operación, mantenimiento y conservación de las instalaciones para extracción, recolección, procesamiento primario, almacenamiento, medición y transporte de hidrocarburos y sus derivados, para cumplir con eficiencia y eficacia los objetivos de la empresa, bajo un ámbito de seguridad y protección.

Para Pemex integridad mecánica se define de la siguiente manera:



“Son todos los esfuerzos y actividades que enfocamos y realizamos para asegurar que los sistemas, equipos, o componentes críticos de las operaciones y procesos que contengan materiales peligrosos estén siempre bajo las condiciones originales de diseño y que sean mantenidos desde la construcción/instalación hasta el final de la vida útil de la instalación, previniendo o eliminando los incidentes para garantizar la protección al personal, la comunidad, el medio ambiente, las instalaciones, la producción y la rentabilidad del negocio.” (PEMEX exploración y producción, 2009)

Por lo tanto podemos afirmar que la integridad mecánica se enfoca en evitar las pérdidas de contención de fluidos peligrosos o energía mediante la aplicación sistemática de directrices generales en todas las etapas del ciclo de vida del activo (diseño, construcción, suministro, instalación, operación, mantenimiento y abandono), para garantizar que los equipos o sistemas se encuentren aptos para el servicio que demanda cada aplicación.

### **1.9.1 Importancia de la Integridad Mecánica en Procesos Petroquímicos.**

La integridad mecánica ha sido una actividad que ha tomado mayor importancia en las industrias petroquímicas como parte de los esfuerzos para prevenir incidentes y mantener la productividad.

Los programas de integridad mecánica varían de acuerdo al giro de la industria, condiciones climatológicas, etc. Sin embargo podemos mencionar algunas características comunes en un adecuado programa de integridad mecánica.

- Actividades que aseguren que el equipo o línea de proceso está diseñado, fabricado, instalado y operando de manera apropiada para las características que fue especificado.

- Priorizar las unidades de control que presenten un mayor riesgo en caso de falla para asignar los recursos de manera óptima (personal, dinero, etcétera).
- Ayudar al personal de planta a identificar cuándo ocurren los indicios de fallas en líneas y equipos.
- Incorporar buenas prácticas de ingeniería, programas de calidad, etcétera.
- Asegurar que el personal encargado para inspección, mantenimiento, pruebas de arranque, instalación y desmantelamiento estén debidamente capacitados y tengan acceso a procedimientos adecuados para estas actividades.
- Mantener la documentación de diseño, servicio, inspecciones y otros registros que como parte de los programas de integridad mecánica proporcionen información adecuada de las líneas y equipos de proceso a usuarios propios y ajenos.

Los objetivos más buscados de los programas de integridad mecánica son:

- Reducción de fallas en las unidades de control que puedan derivar en incidentes de seguridad y medio ambiente.
- Reducción del costo y del tiempo en mantenimiento planificado.
- Cumplimiento de las regulaciones gubernamentales.
- Reducción de los costos operativos.

## 1.10 Aseguramiento de la calidad.

Una de las preocupaciones más importantes de cualquier industria, es asegurar la confiabilidad, la seguridad y la continuidad de las operaciones sin ocasionar ningún impacto en la seguridad, salud del personal y el medio ambiente.

Dentro de Pemex el área denominada SSPA (Seguridad Salud y Protección Ambiental) define en su manual de integridad mecánica y aseguramiento de la calidad IMAC a esta última de la siguiente manera:

El Aseguramiento de la Calidad son todas aquellas acciones planeadas y sistemáticamente realizadas para promover la confiabilidad adecuada de que un producto o servicio cumplirá con los requisitos dados de calidad y los requerimientos del cliente.

El propósito de un sistema de Aseguramiento de la Calidad en líneas y equipos de proceso es el asegurar que todos los materiales y equipos (fabricados, reparados, modificados y alterados) utilizados en el servicio crítico, cumplan con los requerimientos establecidos en la norma o especificaciones aplicables.

De esta manera se asegura que el equipo de proceso cumple con:

- Adecuado diseño termodinámico y mecánico de acuerdo a sus condiciones de operación y fluido a manejar.
- Fabricados de acuerdo con las especificaciones de diseño.
- Entregados en los lugares correctos.
- Ensamblados e instalados correctamente

El proceso de aseguramiento de la calidad de equipos se muestra en la figura 2.



**Figura 2. Aseguramiento de la calidad de equipos. Fuente: Manual IMAC.**

### 1.11 Inspección Técnica de líneas y equipos de proceso.

La inspección técnica está relacionada con las actividades realizadas por el personal con conocimientos en la materia, para determinar que un equipo o línea de proceso puede continuar funcionando en condiciones seguras. Para esto se pueden realizar dos tipos de inspecciones:

- Inspección externa: revisión visual efectuada en el exterior del equipo. En esta revisión se deben identificar todas las partes y accesorios del equipo, desde el espesor, verificación de agrietamiento en los cimientos, revisión de los soportes, boquillas y accesorios para identificar posibles fugas de material; hasta revisar el buen estado de las tornillerías y niplerías.

- Inspección interna: revisión en el interior del equipo usando inspección visual, pruebas no destructivas y destructivas. En este tipo de inspección se deberá desarmar el equipo y se checará el buen estado del cuerpo, boquillas y soldaduras tratando de localizar zonas desgastadas o corroídas, y posteriormente se procederá a realizar las pruebas no destructivas en caso de ser requeridas.

### **1.12 Importancia de un sistema para la administración de la integridad mecánica en líneas y equipos de proceso.**

En los últimos años la industria petrolera se ha enfocado en la administración de la seguridad en sus procesos de refinación, todo esto como resultado de la gravedad de los accidentes que en dicha industria han surgido como resultado de las fallas por contención de hidrocarburos en sus líneas y equipos de proceso.

Los siguientes ejemplos muestran algunos de los accidentes más severos en los últimos años y con los cuales se ejemplifica la importancia de una correcta administración de la seguridad en procesos petroleros.

- El 18 de septiembre de 2012 se registró una explosión y un incendio en una planta de gas de Pemex Exploración y Producción (PEP) ubicada a 19 kilómetros de Reynosa, en el nororiental estado de Tamaulipas, que dejó un total de 30 muertos y decenas de heridos.
- El 19 de diciembre de 2011 una fuga de combustible, explosión y un incendio en un oleoducto de Pemex en la población de San Martín Texmelucan, en el estado de Puebla, dejó 30 muertos y 52 lesionados además de 5 mil evacuados y 80 casas afectadas.
- El 23 de octubre de 2007 dos plataformas marinas colisionaron en el Golfo de México, con un saldo de 18 personas muertas y dos desaparecidas, y hubo una de las mayores fugas de crudo de un pozo petrolero.

- El 17 de octubre del 2006 la explosión e incendio del buque tanque Quetzalcóatl, anclado en la Terminal Marítima de Pajaritos, dejó ocho muertos, un desaparecido y 14 lesionados.
- El 18 de noviembre de 1998 el choque de dos helicópteros que transportaban personal de Pemex a las plataformas petroleras en las costas del estado de Campeche, en el Golfo de México, dejó un saldo de 22 muertos.
- El 22 de abril de 1992 en Guadalajara, capital del estado de Jalisco, una fuga de gasolina de un ducto de Pemex se vertió al subsuelo y al sistema de drenaje, lo que causó una explosión que dejó unos 210 muertos.
- El 19 de noviembre de 1984 en la peor tragedia en la historia de Pemex, la explosión de un depósito de gas en San Juanico, en el Estado de México, vecino al Distrito Federal, dejó, según fuentes oficiales, medio millar de muertos, aunque de manera extraoficial se habló de más de 2 mil.

**Fuente: Accidentes más severos de la industria petrolera desde 1984. Excélsior.**

### **1.13 Sistemas para la administración de información de la integridad mecánica de líneas y equipos de proceso.**

Accidentes como los anteriores entre otros han servido de impulso para que diferentes organismos oficiales y acreditados comenzaran a elaborar y aplicar normas, procedimientos, manuales, códigos, etc. Orientados a reducir al mínimo eventos no deseados dentro de las diferentes plantas de la industria petrolera.

Es así como en México las compañías aseguradoras exigieron a Pemex la implementación de un Sistema de Administración de la integridad mecánica de líneas y equipos.

En los últimos años la industria petrolera ha hecho uso de las herramientas tecnológicas y de la informática mediante el uso de softwares que facilitan el

manejo de la información relacionada con la integridad mecánica, principalmente la relacionada con las inspecciones, mediciones de espesores, hojas de diseño, etc. Garantizando de esta forma la disponibilidad de la información en cualquier momento y en cualquier centro de trabajo de Pemex Refinación.

Es así como surge el software SIMECELE el cual es un traje a la medida para Pemex Refinación pues está completamente sustentado en las diferentes normas de inspección técnica propias de Pemex-Refinación.

#### **1.14 Sistema Integral de Medición y Control de Espesores de Líneas y Equipos (SIMECELE).**

SIMECELE es el nombre que recibe el software desarrollado en la Facultad de Química de la UNAM cuyo objetivo es el análisis, predicción y control del desgaste que existe en las tuberías y equipos de proceso dentro de los centros de trabajo de Pemex- Refinación.

Esta herramienta nos permite tener una mejor administración y control de la información en actividades relacionadas con la integridad mecánica de las líneas y equipos de proceso en las instalaciones de Pemex-Refinación.

Este sistema se desarrolló para todo el personal que intervenga en el análisis de la medición de espesores en líneas y equipos, como lo es USIPA (Unidad de Seguridad Industrial y Protección Ambiental), inspección técnica y contratistas que realicen la medición de espesores.

“El SIMECELE fue desarrollado con base en las metodologías propuestas en las diferentes normas de inspección técnica de Pemex Refinación.” (Manual de usuario SIMECELE, 2011)

El software consiste en una serie de módulos para la consulta y generación de información relacionada con las pruebas de inspección de ultrasonido relacionadas con la integridad mecánica y sus principales beneficios son:

- Disponibilidad de la información a través de la tecnología del proceso en la intranet.
- Información actualizada y disponible de los expedientes de inspección técnica de líneas y equipos de proceso.
- Actualización rápida y sencilla de los diagramas isométricos de inspección.
- Control y administración del trabajo de inspección, que mejorará la eficacia en el trabajo cotidiano de medición de espesores en líneas y equipos (Manual de implementación del SIMECELE, 2011)

Algunas de las características importantes a mencionar de la herramienta SIMECELE son:

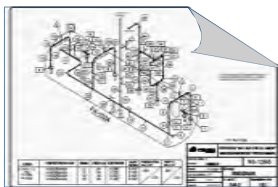
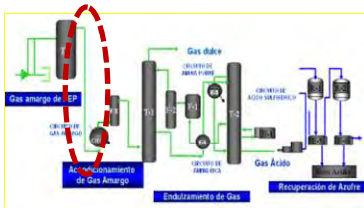
- El sistema usa la terminología de la normatividad interna de Pemex Refinación.
- Se tiene acceso para consultar documentos de ingeniería básica y diagramas técnicos (DFP, DTI e Isométricos) desde cualquier centro de trabajo de Pemex a través de la intranet.
- El software continúa en una mejora y actualización constante y permanente a través de las diferentes experiencias adquiridas durante su uso en los diferentes centros de trabajo, ya que es posible agregar o quitar funciones de acuerdo con las exigencias del personal de Pemex Refinación.
- Apoyo La administración y respaldo seguro de una base de datos creciente.
- Transferencia segura de información aparato de medición de espesores – SIMECELE.



- Interfaz de usuario sencilla y amigable.
- Consulta de información en tiempo real
- Vinculación con los diagramas digitalizados de inspección técnica.
- Con capacidad de almacenar documentación técnica de instalaciones de proceso.

El proceso de inspección de líneas y equipos con SIMECELE se ilustra en la figura 3

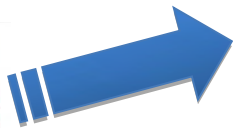
“Detección y análisis de las causas que generan errores y fallas durante la implementación de un sistema de medición y control de espesores en líneas y equipos”



Unidad de Control con Isométrico



Captura UC:  
No. Nivel, tipo y diámetro



Captura de:

- Primera calibración
- Historial de calibraciones
- Transferencia de datos

Fuente: Manual de usuario SIMECELE.

Figura 3. Inspección de líneas y equipos con SIMECELE

Medición de espesores de líneas y equipos en campo.



**SIMECELE**



Análisis de calibración al instante, gráficas y reportes

DESCRIPCIÓN		FECHA	FECHA	FECHA
		ANTERIOR	ACTUAL	PRÓXIMA
NIVEL DE MEDICIÓN	ESPESOR (mm)	VELOCIDAD DE FLUJO (mm/s)	ESPESOR (mm)	VELOCIDAD DE FLUJO (mm/s)
1	107	300	300	300
2	107	300	300	300

- TOMA DE DECISIONES
- PROGRAMACION DE MANTENIMIENTOS

## 1.15 Normatividad Aplicable.

El SIMECELE está fundamentado en las 6 principales normas internas de Pemex Refinación que involucran la inspección técnica de líneas y equipos de proceso, a fin de asegurar la integridad mecánica de éstos y así evitar accidentes por falla de contención.

En este punto solo señalo los objetivos y alcances de cada norma pues describirlas a profundidad no es uno de los objetivos de esta tesis además de que aumentaría en gran medida el contenido del marco teórico que se propone.

### 1.15.1 Guía para el registro, Análisis y Programación de la Medición Preventiva de Espesores DG-SASIPA-IT-00204 Rev. 7 (2010).

Esta norma es la columna vertebral del SIMECELE pues en ella se detallan todos los puntos a considerar para un adecuado proceso de medición de espesores en líneas y equipos.

#### **Objetivo.**

“Predecir, detectar y evaluar oportunamente las disminuciones de espesor debajo de los límites permisibles, que puedan afectar la integridad mecánica de las tuberías y equipos en general, para tomar las medidas necesarias a fin de prevenir la falla de los mismos”.

#### **Alcance.**

- Las tuberías y equipos en los cuales debe aplicarse en forma obligatoria este procedimiento son:
- Líneas y equipos que manejan o transportan hidrocarburos, productos químicos o petroquímicos y sustancias tóxicas o agresivas.

- Tanques y recipientes que almacenan hidrocarburos, productos químicos o petroquímicos y sustancias tóxicas o agresivas.
- Queda a juicio del centro de trabajo el aplicar este procedimiento a líneas y equipos no incluidos en este inciso, cuando así lo considere necesario.

Las excepciones a la aplicación de este procedimiento, son aquellos equipos que por sus características no pueden sujetarse a programas de medición de espesores independientes de sus fechas de reparación tales como:

- Tuberías de calentadores.
- Fluxería de calderas.
- Haces de tubos de cambiadores de calor y tubería de enfriadores con aire.
- Accesorios internos de recipientes, tales como: platos de torres de destilación, serpentines, etc.
- Ductos de transporte enterrados, los cuales por ser inaccesibles se inspeccionan normalmente con otros procedimientos.
- Tuberías con envoltentes (enchaquetadas).
- Tuberías de vidrio, PVC y/o barras de acero que vayan a ser maquinadas.

#### **1.15.2 Procedimiento de Revisión de Niplería de Plantas en Operación GPEI-IT-0201 (1986).**

Esta norma se encarga de los pasos a seguir para una adecuada medición de espesores de las niplerías en sus diferentes arreglos (niple-cople, niple-tapón, etcétera.)

#### **Objeto.**

“Este procedimiento cubre las actividades necesarias para llevar a efecto la revisión de los arreglos básicos de niplería en líneas y equipos de proceso

estáticos y dinámicos, así como el control posterior de cambios y/o modificaciones, incluyendo su registro, en las plantas que se encuentran en operación”.

### **Generalidades.**

- La revisión a que se refiere este procedimiento, deberá hacerse a todas las piezas que integran los arreglos básicos de niplería en líneas y equipos de proceso de las plantas en operación, a fin de que los mismos estén contruidos y armados de acuerdo con lo que establece la "Norma para la Instalación de Niplería en Líneas y Equipos de Proceso".
- Para poder programar adecuadamente esta revisión, previamente se tendrá que actualizar el censo de niplería de cada planta, a fin de que toda la niplería básica instalada pueda cubrir con el procedimiento.
- Como este procedimiento implica el desarmado de los arreglos básicos roscados, es necesario jerarquizar en cada reparación la revisión de niplería, dando prioridad a aquellos circuitos y equipos considerados críticos.

#### **1.15.3 Procedimiento Para Efectuar la Revisión de la Tornillería de Tuberías y Equipos en las Instalaciones en Operación de Pemex Refinación DG-GPASI-IT-0903 Rev. 3 (1995).**

Esta norma indica los pasos para una adecuada inspección visual del estado físico indicando el nivel de corrosión de las tornillerías existentes, principalmente en las uniones bridadas.

### **Objetivo.**

“Evaluar el estado físico de la tornillería de las tuberías y equipos de las instalaciones, a fin de detectar oportunamente daños o fallas, e implementar las acciones correctivas necesarias para garantizar la hermeticidad de todas las uniones bridadas”.

### **Alcance.**

La tornillería a la cual se refiere este procedimiento, es la siguiente:

- Espárragos de juntas bridas en tuberías y equipos
- Tornillos o espárragos colocados en las válvulas de bloqueo, cualquiera que sea el tipo de éstas, incluyendo válvulas de control, de alivio y checks.

Este procedimiento no incluye la tornillería instalada en los internos de equipos.

#### **1.15.4 Procedimiento Para Efectuar la Inspección de Tuberías de Proceso y Servicios Auxiliares en Operación de las Instalaciones de Pemex Refinación. GPASI-IT-0209 Rev.2 1994.**

En esta norma se indican los diferentes métodos de inspección técnica y visual para determinar el desgaste existente en las líneas de proceso, así mismo indica los puntos más vulnerables donde la corrosión puede afectar con mayor intensidad las líneas que se deben inspeccionar.

### **Objetivo.**

“Este procedimiento establece los criterios para efectuar la inspección de tuberías de plantas de proceso y servicios auxiliares en operación, con el objeto de conocer su estado físico y programar su cambio en caso de deterioro, a fin de mantenerlas en buen estado, seguras y confiables”.

### **Alcance.**

Este procedimiento no incluye a los ductos de transporte.

### 1.15.5 Procedimiento Para el Control de Desgaste de Niplería GPI-IT-4200 (1986).

#### **Objeto.**

Este procedimiento cubre las actividades necesarias para medir y mantener un control del desgaste de la niplería básica en circuitos y equipos de proceso de unidades en operación”.

#### **Generalidades.**

- Para llevar el control del desgaste de los arreglos de niplería, se deberán efectuar mediciones periódicas de los espesores.
- Las mediciones de espesores periódicas de los arreglos básicos, deberá basarse por medios no destructivos.
- Este procedimiento prevé el uso de un formato para el registro de las calibraciones, análisis de los desgastes y cálculos de la vida útil de cada pieza que integran los arreglos básicos de niplería.

Estos formatos se adjuntarán al resto de la estadística de niplería, la cual, usualmente, deberá constar de:

- Dibujo isométrico o plano del equipo localizando los arreglos.
- Formatos con las revisiones de cada uno de los arreglos que pertenecen a dicho dibujo.
- Radiografías de aquellos arreglos soldados del mismo dibujo.
- Formatos del control de desgaste por calibración de los arreglos que pertenecen al dibujo.
- A su vez, toda la estadística de niplería se integrará a la estadística de las líneas o equipos donde van instaladas.

### **1.15.6 Espesores de Retiro Para Tuberías, Válvulas y Conexiones Metálicas, Empleadas en el Transporte de Fluidos. DG-ASIPA-IT-00008 (2001).**

En esta norma se muestra a través de tablas los espesores mínimos de retiro para diferentes diámetros de tuberías así como una pequeña ecuación para realizar el cálculo de este dato.

#### **Objetivo y campo de aplicación.**

“Esta norma establece los espesores de retiro para los sistemas de tubería de proceso y de transporte y recolección”.

Esta norma no se aplica a:

- Tubería de calentadores a fuego directo, de cambiadores de calor y de otros equipos que contienen tubería interna.
- Tubería de perforación, revestimiento y producción, cabezales y válvulas, en los pozos petroleros.
- Tubería no metálica.

#### **Generalidades:**

Las tuberías, válvulas o conexiones se retirarán de servicio en los siguientes casos:

- Cuando a consecuencia del desgaste, o por cualquier otra causa, se determinen en ellas espesores iguales o menores que el límite de retiro.
- Por modificaciones o cambios. En este caso, el nuevo tramo deberá ser diseñado de acuerdo con el Código aplicable al servicio de que se trate, y con las Normas de Seguridad de Petróleos Mexicanos.



### 1.16 Diagrama de causa-efecto o espina de pescado de Ishikawa.

“Esta representación gráfica compuesta de líneas y símbolos que tiene por objeto representar una relación entre un efecto y sus causas.” (Rey, 2003)

Es un diagrama que representa y organiza el conjunto de causas potenciales que podrán estar provocando un problema.

“Es así la representación gráfica de todas las posibles causas de un fenómeno”. (Galgano, 1995).

Gran variedad de problemas en los procesos de producción y prestación de servicios puede afrontarse con este tipo de análisis.

Ishikawa recomienda que las causas potenciales que originan los problemas se clasifiquen en 6 categorías, conocidas comúnmente como las 6 M.

- Mano de obra.
- Métodos de trabajo.
- Materiales.
- Maquinaria.
- Medio ambiente.
- Medición.

La construcción del diagrama consta de tres etapas.

La 1.<sup>a</sup> etapa inicia cuando el proceso a esquematizar se representa por una flecha horizontal que apunta hacia la derecha y en la que el efecto a investigar se enmarca dentro de un cuadro o círculo.

La 2.<sup>a</sup> etapa es en la que las causas principales (Mano de obra, Métodos de trabajo, Materiales, Maquinaria, Medio ambiente, Medición.) se inscriben en los

cuadros situados en paralelo y a cierta distancia de la flecha principal, tanto en la parte superior como inferior. Dichos cuadros se unen mediante flechas secundarias a la flecha principal (ver figura 4).

Al final la tercera etapa consta en ir anotando las causas secundarias agrupadas alrededor de la causa principal, con la que se relacionan o en la que influyen. Las causas se dividirán y subdividirán para mostrar, con tanto detalle como sea posible, la forma en la que se interrelacionan.

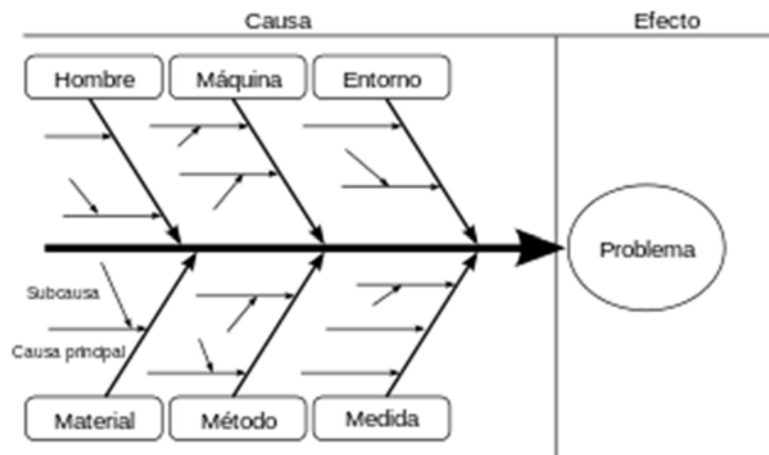


Figura 4. Espina de pescado de Ishikawa

### 1.17 Descripción del proceso de implementación del SIMECELE.

En esta parte de la tesis, explico de manera resumida la forma idónea en que deben de ser realizadas cada una de las diez etapas que conforman el proceso de implementación del SIMECELE.

#### 1.17.1 Etapa 1 Recopilación de información.

Todas las etapas dependen y derivan de la etapa 1 que es la recopilación de información, lo cual la convierte en la base del proceso de implementación del SIMECELE.

Las siguientes etapas 2, 3 y 4 dependen directamente de la etapa 1, ya que sin la información adecuada no se puede continuar con la etapa 5, ni con la etapa 6.

Las etapas 7, 8 y 9 también resultan de la información que se obtenga en la etapa 1.

Expuesto esto, se puede notar que la etapa 1 es la de mayor importancia y en la que se debe prestar especial cuidado durante el proceso de implementación del SIMECELE. Ya que una inadecuada recopilación de información, repercutirá en forma negativa en las posteriores etapas del proceso.

La primera etapa consta de recabar los siguientes documentos:

- Diagramas de Flujo de Proceso (DFP).
- Diagramas de bloques (DB) y/o Diagramas Mecánicos de Flujo (DMF), (si fuera el caso).
- Diagramas de Tubería e Instrumentación (DTI).
- Descripción del proceso o de las actividades que se realizan en el centro de trabajo.
- Listas de líneas.
- Censo de Circuitos que se manejan actualmente.
- Censo de Unidades de Control que se manejan actualmente.
- Especificaciones de material de líneas (Libro de clases de materiales).
- Hojas de datos de los equipos.
- Hojas de diseño mecánico de equipos.
- Diagramas para Inspección Técnica de Espesores de Líneas y Equipos.

- Expedientes de medición de espesores.
- Listas de Equipos.
- Lista de PSV's (Pressure Safety Valve).
- Plot Plan (mapa del centro de trabajo y de la planta/estación/terminal/etc.).
- Isométricos de tuberías.

### **1.17.2 Etapa 2 Identificación y Censo de Circuitos.**

En esta etapa se trabajará con el Diagrama de Flujo de Proceso (DFP), la descripción de proceso y el censo de circuitos con el que cuenta el centro de trabajo; Esto para poder identificar las corrientes principales en el proceso.

Se debe revisar junto con los Ingenieros de operación y seguridad si han ocurrido cambios en la planta que no se vean reflejados en el DFP y la descripción de proceso como líneas y equipos nuevos o fuera de operación.

#### **1.17.2.1 División de circuitos de líneas de proceso.**

Los circuitos de líneas se identifican tomando como parámetro la definición dada en la guía DG-SASISPA-IT-0204 Rev. 7; es decir, un circuito es aquel que: “maneja un fluido con la misma composición, pudiendo variar en sus diferentes partes las condiciones de operación”.

Para esta parte, la identificación de circuitos de líneas se hace partiendo del DFP y la descripción del proceso.

En la identificación de cada uno de los circuitos se utilizará un código de colores, con el fin de diferenciar cada circuito presente en la planta con un color específico, como se observa en la Figura 5.

“Detección y análisis de las causas que generan errores y fallas durante la implementación de un sistema de medición y control de espesores en líneas y equipos”

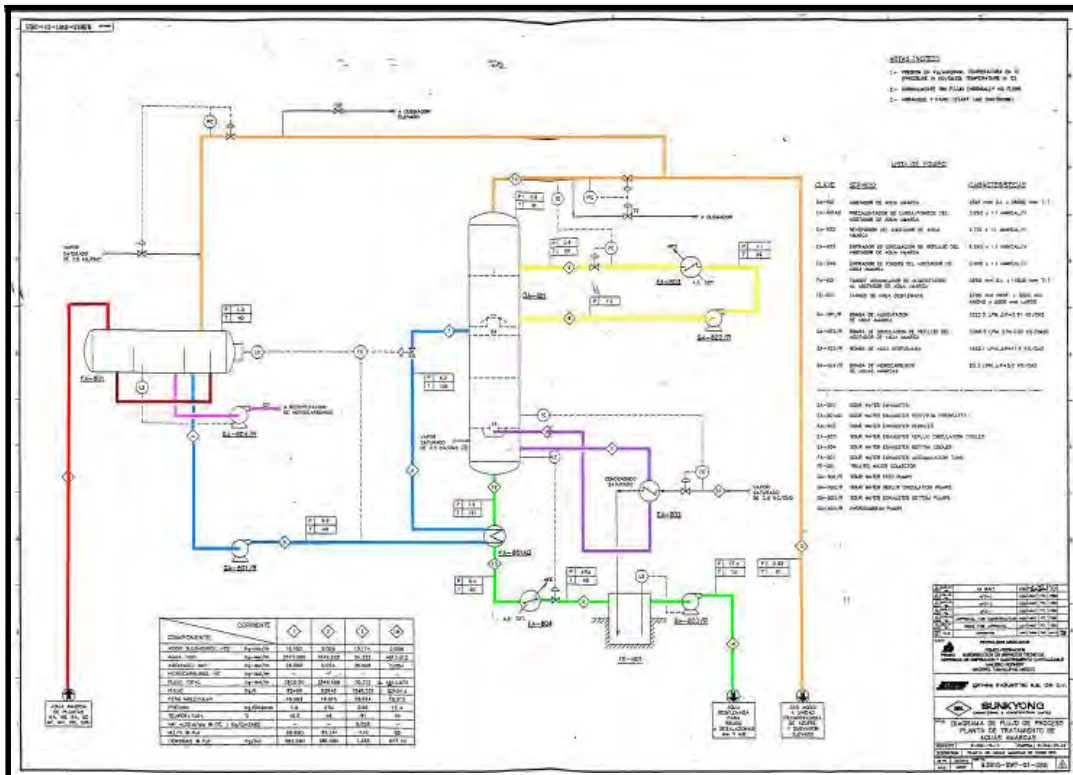


Figura 5. División de circuitos en un DFP. Fuente: Modificado de SIMECELE.

Una vez identificados los circuitos en el DFP se enumerarán cada uno de ellos siguiendo la secuencia del proceso.

### 1.17.2.2 Censo de Circuitos de Equipos.

Ya que se toma como criterio que cada equipo es una unidad de control, podemos afirmar que la cantidad de circuitos de equipos es igual al número de equipos que conforman el proceso.

### 1.17.3 Etapa 3 Identificación y censo de unidades de control.

En esta etapa debemos retomar la definición de Unidad de Control existente en la norma DG-SASIPA-IT-0204 Rev. 7 En la cual lo define como “Sección de circuito que tiene una velocidad de desgaste (erosión y corrosión) más o menos

homogénea, de 0-8 milésimas de pulgada al año (mpa), de 8 -15 mpa y mayor de 15 mpa”.

### **1.17.3.1 División de unidades de control de líneas.**

El censo de Unidades de Control (UC) de líneas se realiza en tres fases:

1. En la parte 1 se identifican las UC de líneas de acuerdo con los expedientes de calibración.
2. En la parte 2 se identifican las UC de líneas conforme a los criterios de la norma DG-SASIPA-IT-0204.
3. En la parte 3 el censo se elabora después de realizar la etapa 4 es decir, después de haber revisado en campo las UC y verificar que no haya existido cambios en las mismas para terminar de censar correctamente las UC.

Así como en la etapa anterior nuestro documento base era el DFP en esta parte del proceso de implementación del SIMECELE trabajaremos con los isométricos de los expedientes de calibración existentes y los compararemos con las líneas que los representan en los DTI's (Ver figura 6). De acuerdo con la experiencia se ha podido corroborar que para realizar una correcta división de unidades de control hay que tomar en cuenta los siguientes criterios básicos:

- Una Unidad de Control de línea debe conservar las mismas condiciones de operación (Temperatura y Presión).
- Generalmente una UC de línea corre de equipo a equipo.
- Existe cambio de UC de línea cuando hay cambio los materiales.

Al igual que en la fase 1, en la fase 2 las UC de línea se marcan con un color diferente y se le asigna un código de identificación como: UC-MC-001, donde UC (Unidad de Control), MC (Iniciales del nombre con el que se conoce la planta) y

“Detección y análisis de las causas que generan errores y fallas durante la implementación de un sistema de medición y control de espesores en líneas y equipos”

001 es el número consecutivo de la UC que se asigna, tomando como base la numeración del circuito al cual pertenece.

Por ejemplo, la Unidad de control número 7 de la FCC-1 (Planta de Desintegración Catalítica No. 1) será: UC-FCC-1-007.

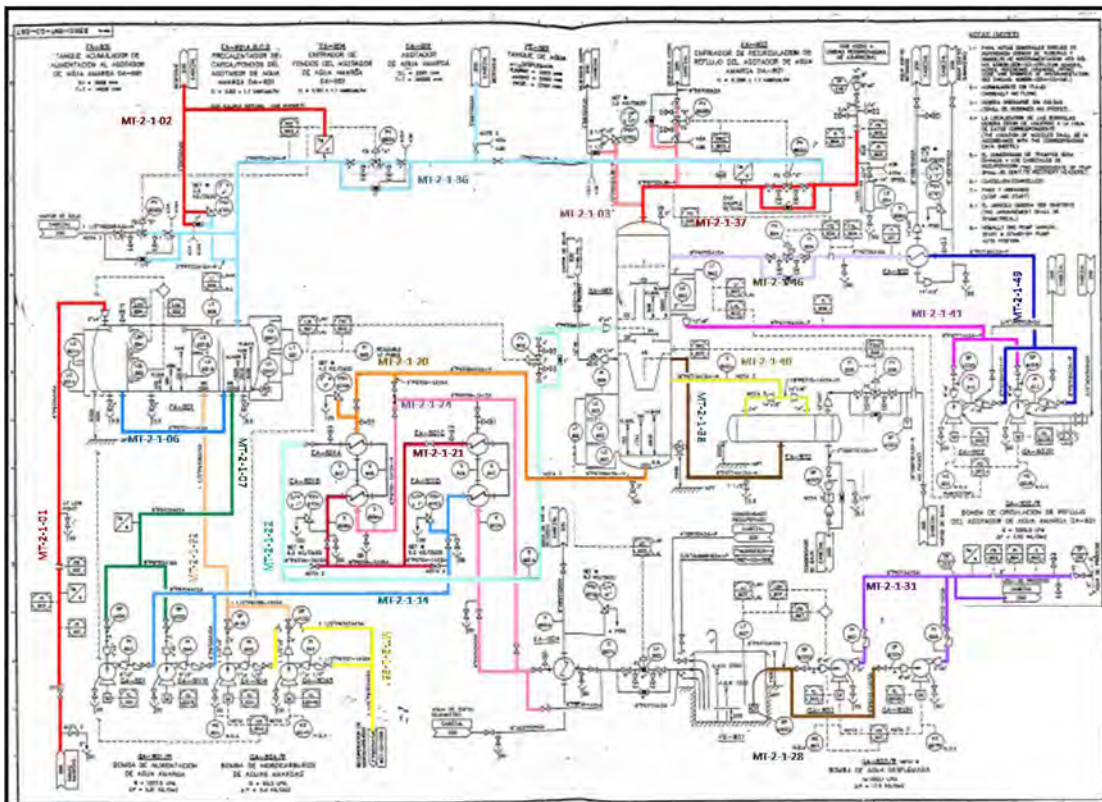


Figura 6. Identificación de UCL en un DTI. Fuente: Modificado de SIMECELE.

### 1.17.3.2 División de unidades de control de equipos.

Los criterios para dividir Unidades de Control de Equipos (UCE) son muy variados, ya que dependen en primera instancia de la naturaleza y función del equipo. Ver figuras 7 y 8.

Por lo tanto, no se pueden generalizar dichos criterios en cada uno de los equipos de proceso, pero con base en la información obtenida para cada uno de los equipos y a consideración del centro de trabajo, se debe acordar la forma en que

se realizará la división de UCE. Dichos acuerdos deben ser respaldados con una minuta que involucre al personal de PEMEX.

En la norma DG-SASIPA-IT-0204 Rev. 7 Se ilustran algunos ejemplos para la división de unidades de control en los diferentes equipos de proceso.

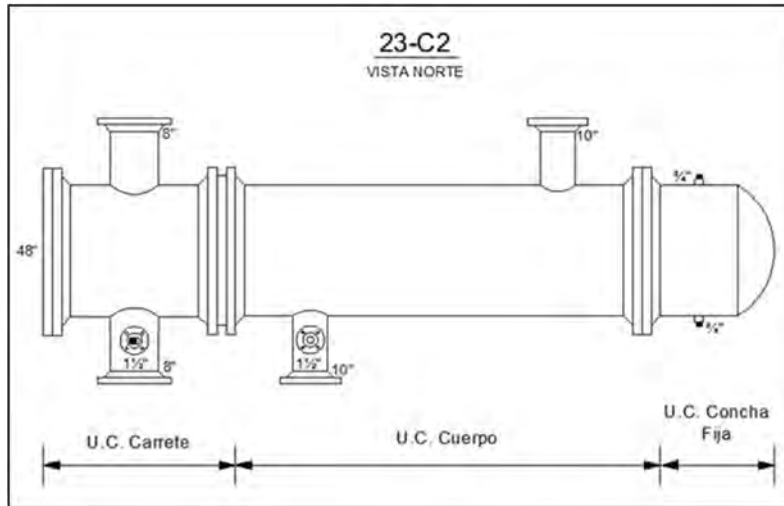


Figura 7. División de Unidades de Control en un Intercambiador de Haz de Tubos

Fuente: Norma DG-SASIPA-IT-0204

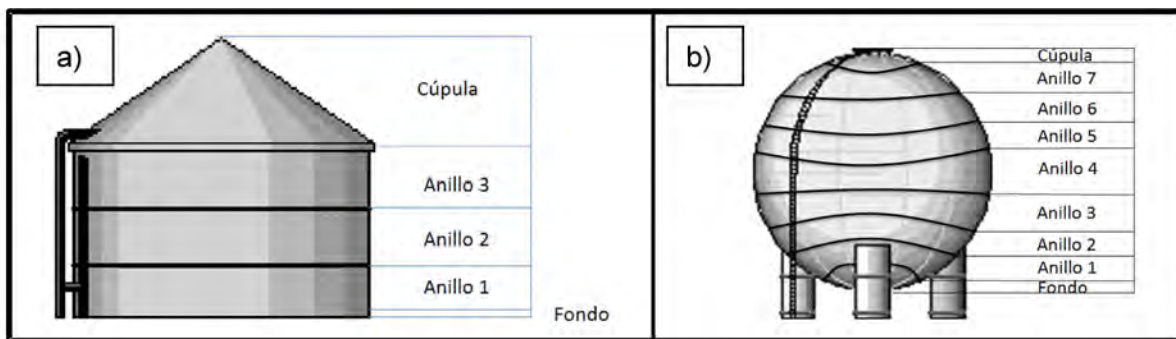


Figura 8. División de Unidades de Control en tanques a) Tanque vertical b) Esfera

Fuente: norma DG-SASIPA-IT-0204



#### **1.17.4 Etapa 4 Actualización en campo de isométricos.**

En este punto describo brevemente el trabajo que se realiza en capo al momento de realizar los levantamientos.

##### **1.17.4.1 Levantamientos y/o revisión de isométricos de líneas.**

Este procedimiento se lleva a cabo en tres fases:

1. Revisión en campo de los diagramas de medición de espesores más recientes.
2. Realización de los levantamientos de las UC nuevas definidas en el Censo de Unidades de Control.
3. Revisión de las dudas generadas durante la etapa de digitalización de los isométricos.

Al iniciar con el levantamiento (dibujo), se realizan las siguientes actividades:

1. Se debe comenzar el trazo por el lugar indicado en el DTI como el inicio de la UC, tratando que sea en la dirección del flujo.
2. Se debe asegurar que las líneas estén orientadas en la dirección correcta.
3. Se debe seguir la línea principal, dibujar los disparos y ramificaciones que vayan apareciendo y agregar como referencia las válvulas o equipos a los que estén conectados.
4. Todo tramo de línea debe indicar claramente de dónde proviene y a dónde va.
5. Cada ramificación o disparo de la UC que se va presentando, hay que dibujarlo por completo y después regresar a la línea principal y continuar sobre ésta siguiendo de manera similar todos los disparos como se van presentando hasta terminar con toda la línea y todos sus disparos.

6. Revisar que los levantamientos de isométricos de líneas cuenten con:
- Diámetros de las tuberías, válvulas, accesorios (tipo de reducción concéntrica o excéntrica) y niplerías. Levantar a detalle las piezas de los arreglos de niplería y nombrar el tipo de arreglo de que se trata.
  - Identificar claramente los tramos de tubería y accesorios que son reforzados (roscados y soldados) y dibujarlos en el levantamiento.
  - Revisar el número de espárragos de los arreglos de tornillería, tomando el criterio de que las bridas terminales no deben tomarse en cuenta para el número de espárragos. Anótalo en tu levantamiento, esta es información que se requerirá en la siguiente etapa del PI-SIMECELE
  - Revisar la unión entre soldaduras, coples y tuercas unión, entre tramos de tubería y representarlas claramente en el isométrico.
  - Agregar los soportes de la línea evitando confundir los soportes de líneas más pequeñas que se apoyan sobre la tubería de nuestro levantamiento
  - En las válvulas debe indicarse claramente si son bridadas o soldadas y de igual manera indicar si están normalmente abiertas o cerradas.
  - Especificar si la línea esta forrada o no, en caso de contar con aislamiento térmico se debe indicar las ventanas para la medición de espesores.
  - La mayoría de las tuberías aisladas no tienen ventanas, si las tienen no corresponden a los niveles de Inspección después de una soldadura. Se recomienda tomar los niveles de Inspección del expediente y tener en cuenta que en tramos de tubería largos cada 6 metros debe haber una unión soldada.
  - Se indicará el “TAG” del equipo proveniente o de llegada de la línea, de acuerdo con la orientación del equipo en la planta, además de la sección

del equipo de la que sale, como pueden ser: carrete o cuerpo de un intercambiador de calor, succión o descarga de una bomba, fondo, domo de algún tanque separador, tanque de almacenamiento o de alguna torre de destilación o alguna válvula de control de referencia.

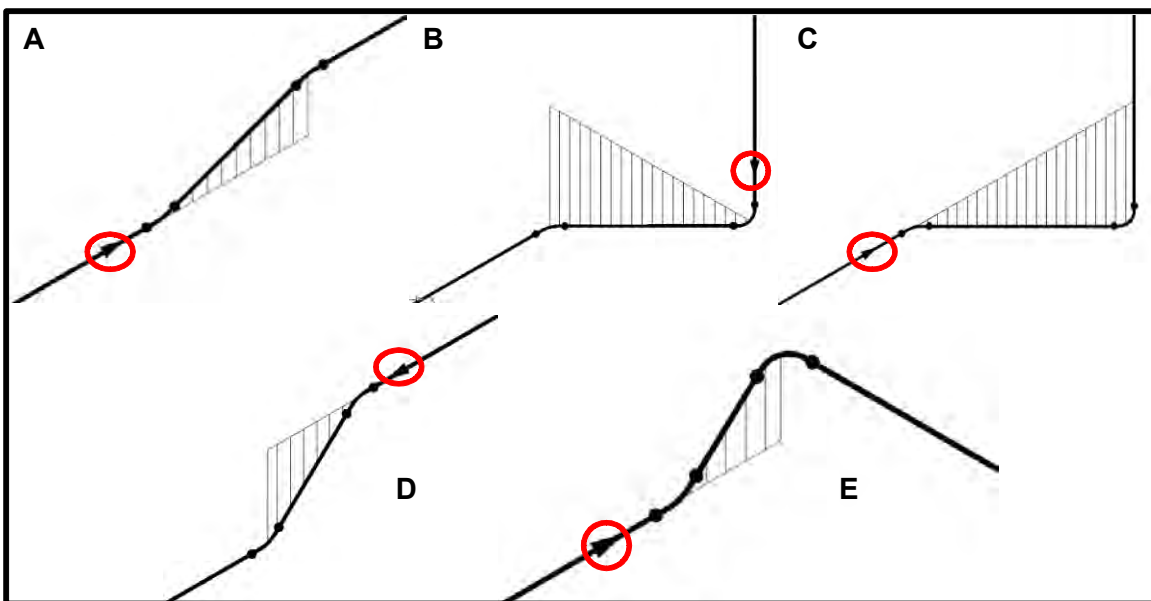
- Con el fin de facilitar la integración entre unidades de control se debe procurar levantar en el isométrico una sección más de línea, es decir hasta el próximo bloqueo o válvula. De tal manera que al final sea sencillo unir todos los isométricos de manera secuencial e identificar las unidades de control nuevas.
- Se recomienda hacer en el levantamiento las anotaciones correspondientes es decir, si la línea está enterrada, si hubo limitantes de altura, si la tubería está demasiado oxidada o cualquier indicación que se observe en campo.
- Es muy importante verificar que todos los elementos se encuentren marcados en el dibujo
- Conviene identificar los arreglos básicos de niplería de los servicios auxiliares, esto es, después del arreglo básico hasta la siguiente válvula normalmente bloqueada se considera tubería auxiliar. La tubería auxiliar se dibuja cuando la válvula del arreglo básico está normalmente abierta
- En caso de tomas de muestra, venteos y purgas sólo se levanta el arreglo básico de niplería y no se considera en el levantamiento la tubería auxiliar aunque la primera válvula se encuentre abierta.

#### **1.17.4.2 Levantamiento de sombreado y degradado (ashurados).**

En las Figuras 9, 10 y 11 se muestran planos de proyección de tuberías no situadas de manera paralela a cualquier plano de las coordenadas esto es que la tubería se mueve en al mismo tiempo en 2 direcciones respecto al plano

cartesiano lo que significa que se deben indicar las proyecciones en diferentes planos que son llamados ashurados, es decir, los planos de proyección auxiliar pueden ser enfatizados por líneas diagonales de referencia, paralelas al eje X o Y para los planos auxiliares tanto horizontal y vertical.

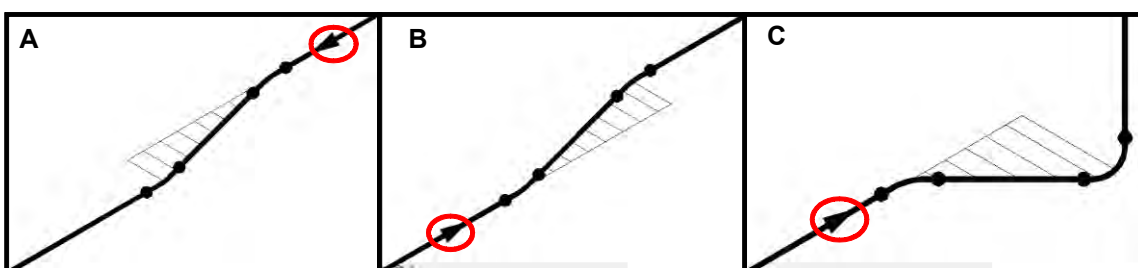
1. Las tuberías que sólo se muevan en un plano vertical; es decir, sobre el eje Z, se indicarán sus proyecciones sobre ese mismo eje (Figura 9 A, B, C, D y E).



**Figura 9. Sombreado en tuberías que se mueven en un plano vertical.**

**Fuente: Modificado de SIMECELE.**

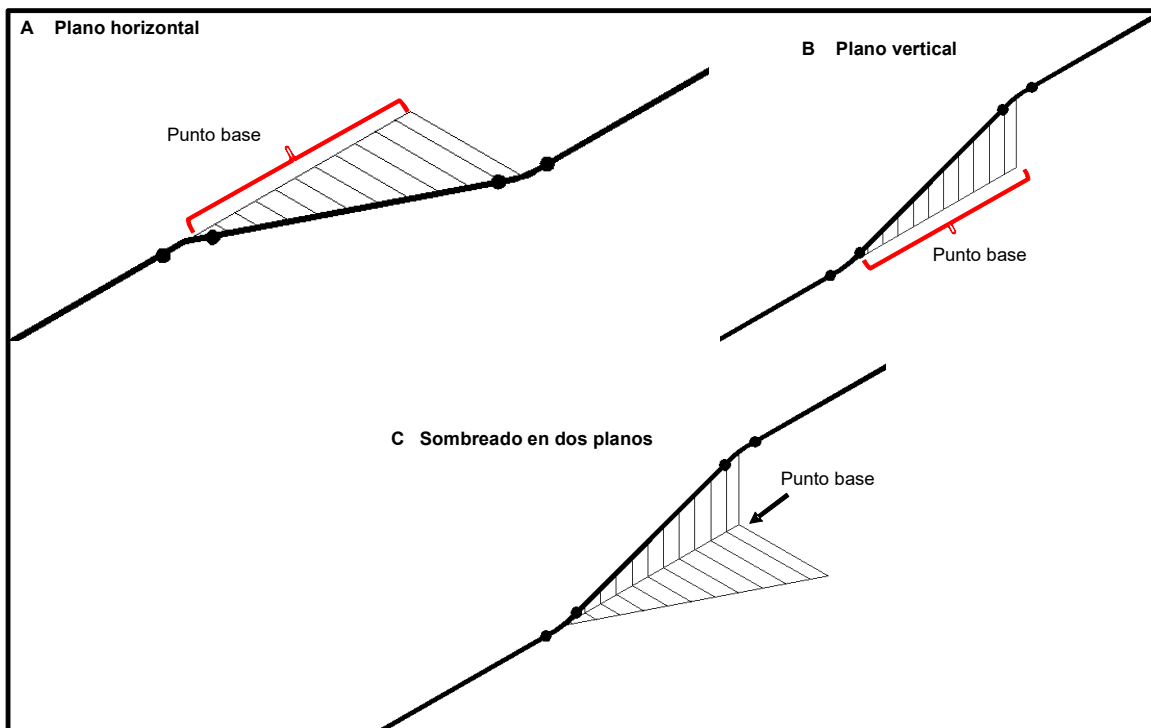
2. En cambio si la tubería se desplaza en un plano horizontal; es decir en el eje Y, sus proyecciones se trazarán horizontalmente (Figura 10 A, B y C).



**Figura 10. Sombreado en tuberías que se desplazan en un plano horizontal.**

**Fuente: Modificado de SIMECELE.**

3. La combinación de dos desplazamientos, tanto en el plano vertical como en el horizontal, requiere las proyecciones correspondientes a cada plano. En estos casos es necesario dibujar las dos proyecciones y hacer que coincidan en un punto base, y mostrar los planos auxiliares (paralelos al plano horizontal y vertical) con el *Sombreado* (Figura 11 A, B y C).



**Figura 11. Sombreado en tuberías que se mueven en plano horizontal y vertical**

**Fuente: Modificado de SIMECELE.**

En la figura 12 se muestra el ejemplo final de un levantamiento en campo correspondiente a una unidad de control de línea.

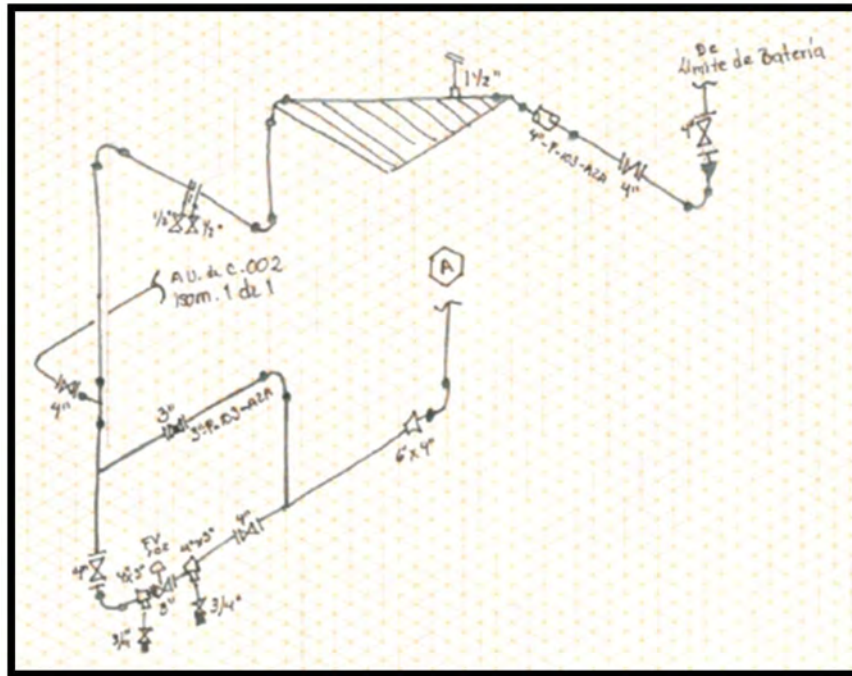


Figura 12. Levantamiento en campo correspondiente a una UC de línea.

Fuente: Modificado de SIMECELE.

#### 1.17.4.3 Levantamientos y/o revisión de isométricos de equipos.

Para realizar el levantamiento de algún equipo de la planta se procede de forma similar a los levantamientos de líneas, es decir, se debe ubicar en el plano de localización general de la planta los equipos y llenar el permiso de trabajo (en algunos centros de trabajo es necesario llenar también la hoja de análisis de seguridad en el trabajo).

Las actividades que se realizan en la etapa de actualización en campo de isométricos se enlistan como sigue:

1. Levantar con la mejor “vista” en campo, que es aquella donde se pueden apreciar mejor todos los arreglos de niplería y boquillas. Se toma como referencia, aquel punto cardinal que está a nuestra espalda al observar el equipo de frente.
2. Verificar que los levantamientos de equipos incluyan lo siguiente:

- a) Nombre el Equipo. Indicar correctamente el TAG del equipo tal y como está indicado en campo, de no estar rotulado hacer la anotación correspondiente al levantamiento.
- b) Nombre de las “vistas”. Como se indicó anteriormente, los equipos deben incluir nombre de la “vista” principal y nombre de cada una de las “vistas” secundarias para cerciorarse de que las boquillas y arreglos están orientados en esa dirección.
- c) Número de Espárragos de todas las tapas. Es importante contar con esta información.
- d) Soldaduras de los Equipos. Dibujar en línea punteada las placas soldadas que estén por detrás, y continuas si son visibles de acuerdo con la vista.
- e) Tornillerías. Levantar todas las tornillerías del Equipo con sus diámetros.
- f) Solapas de los injertos. Algunas líneas con injertos tienen solapas en la línea principal de las que provienen, y estas se deben representar con líneas continuas sobre las líneas de la tubería
- g) Forrado. Indicar si el equipo cuenta o no con aislamiento térmico. En caso de contar con él, señalar la posición de las ventanas o los puntos en donde se les debe tomar medición; es decir, verificar si se está tomando medición en cada pieza y después de cada soldadura en dirección del flujo. En el levantamiento se escribirá a mano si el equipo está forrado.
- h) Diámetros. Colocar todos los diámetros de los equipos en cada uno de sus arreglos, boquillas y en todos los arreglos de niplería. Es muy importante localizar la placa del equipo y buscar el diámetro del mismo, así como cualquier dato que pueda ser útil; debido a que frecuentemente no se cuenta con el expediente o información técnica de los diferentes equipos.

- i) Todos los LG's (level glass) y alarmas (líneas auxiliares) provenientes de un equipo se levantarán en “vista” isométrica, siguiendo las mismas indicaciones que se mencionaron anteriormente para los levantamientos de líneas
- j) Indicar en cada una de las tuberías que salen del equipo a dónde se dirigen las mismas (colocar la referencia necesaria), para facilitar la integración con las unidades de control de líneas. Cuando se presente el caso en que estos tramos se dirigen a una PSV, LG o algún otro instrumento, se realizará el levantamiento de esta sección como un levantamiento de líneas, es decir en “vista” isométrica y siguiendo los criterios de levantamientos de líneas.

#### **1.17.5 Etapa 5 Digitalización en AutoCAD de diagramas para inspección técnica de espesores.**

Los diagramas para inspección técnica de espesores, son el conjunto de isométricos y dibujos de equipos utilizados para medición preventiva de espesores. En estas representaciones pictóricas de las distintas unidades de control se debe indicar claramente los sitios en donde existen los diferentes niveles de medición.

Para realizar un diagrama para inspección técnica se cuenta con las siguientes herramientas para facilitar su elaboración.

- AutoCAD
- QITDraw
- Plantillas

En este apartado se pretende explicar de forma breve cómo se elaboran los dibujos de Diagramas para Inspección Técnica de Espesores (DITE), tanto de líneas como de equipos, mediante algunos ejemplos básicos.



### 1.17.5.1 Diagramas para Inspección Técnica de Espesores de Líneas.

En AutoCAD seleccionar la plantilla de línea correspondiente al centro de trabajo.

Figura 13.



**Figura 13. Plantilla de Línea para refinería en AutoCAD 2010.**

**Fuente: Modificado de SIMECELE.**

- 1) Una vez en la plantilla de línea se comenzará a dibujar la unidad de control de línea manteniendo la orientación hacia el norte y una vista de tipo isométrica con la finalidad de replicar a exactitud el dibujo del levantamiento realizado en campo.
- 2) En esta parte del trabajo será indispensable la paleta de herramientas QIT DRAW la cual facilitará en gran medida el tiempo de digitalización del dibujo en campo gracias a sus comandos predeterminados.

Las figuras 14 y 15 muestran la comparación entre una unidad de control levantada en campo y la misma unidad digitalizada en AutoCAD.

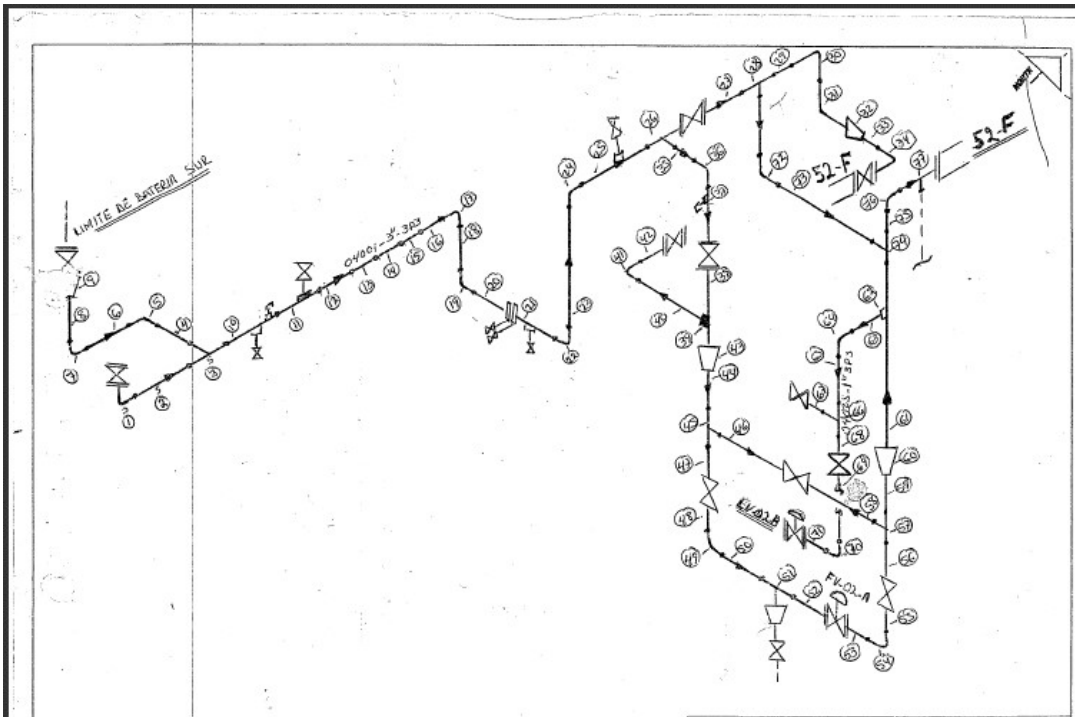


Figura 14. Levantamiento en campo de línea. Fuente: Modificado de SIMECELE.

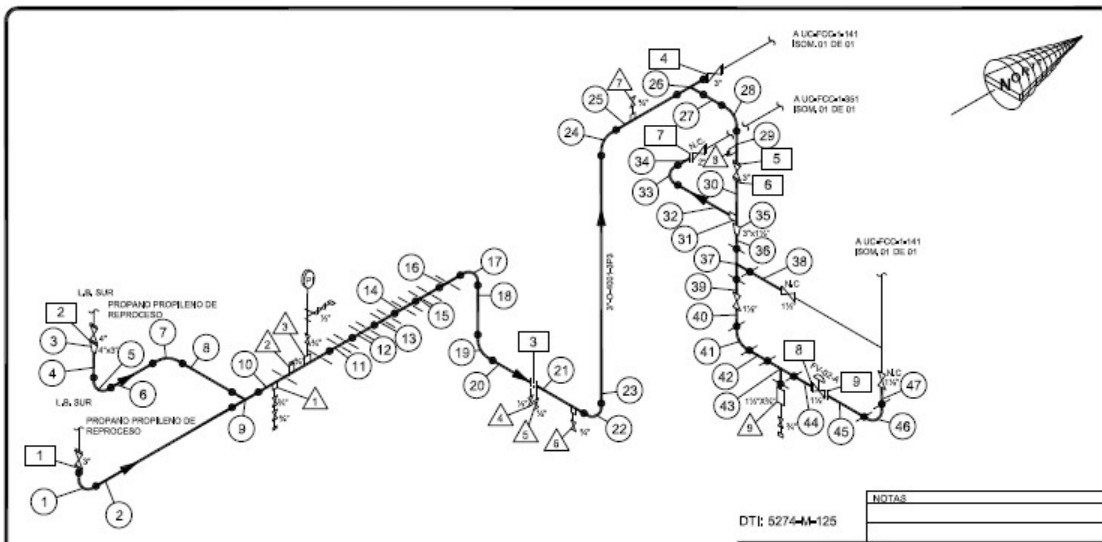


Figura 15. Isométrico actualizado y digitalizado en formato SIMECELE.

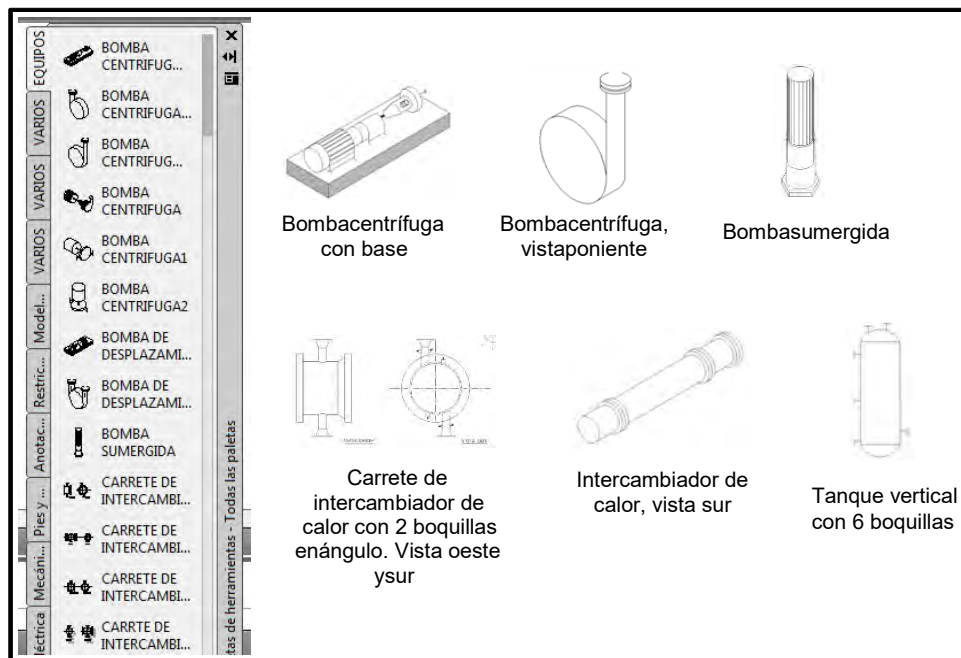
Fuente: Modificado de SIMECELE.

### 1.17.5.2 Diagramas para Inspección Técnica de Espesores de Equipos.

Debido a la inaccesibilidad para alcanzar las partes superiores de algunos de los equipos o lo riesgoso de las áreas de trabajo de estos, se procurara realizar el Diagrama de Inspección Técnica (DIT) directamente de los planos de construcción mecánicos.

Muchos equipos de proceso típicos de los centros de trabajo se encuentran cargados de manera predefinida en las plantillas de dibujo de AutoCAD (figura 16). Esto con la finalidad de optimizar el tiempo de digitalización de los DIT.

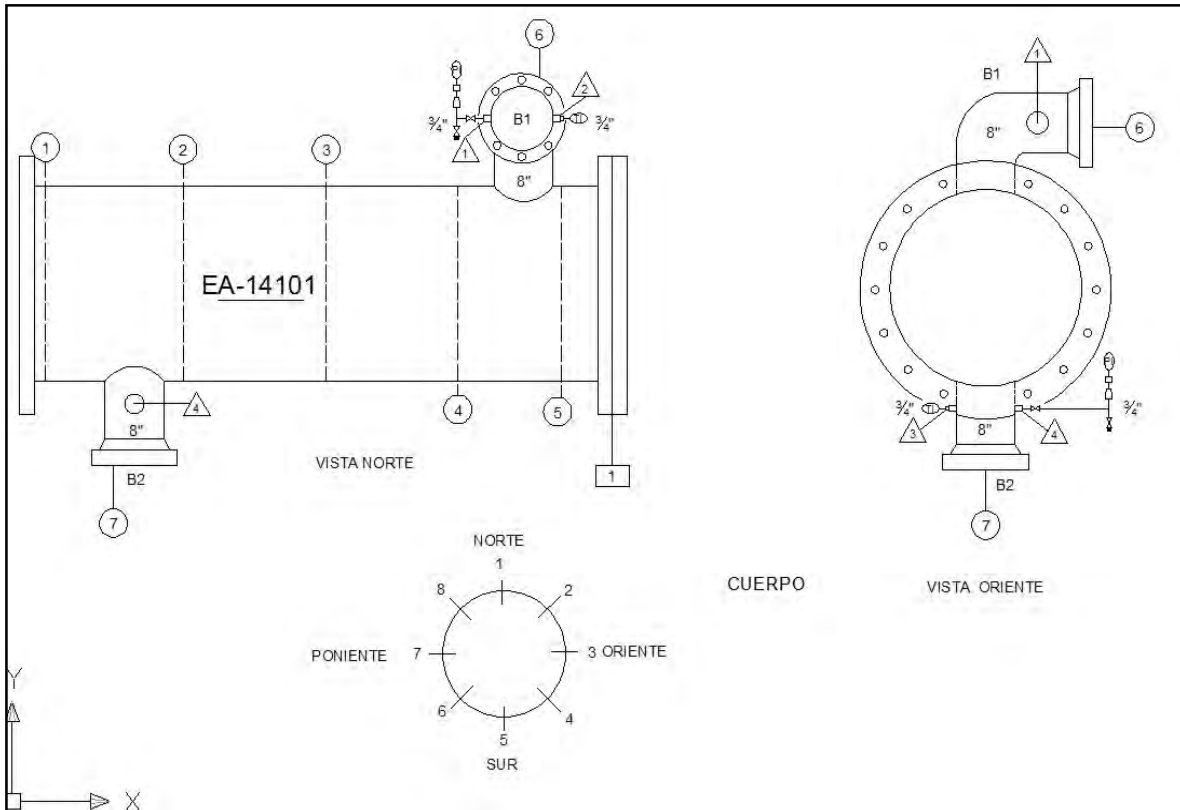
Si algún equipo no se encuentra cargado de manera predefinida se dibujará con el comando polilínea.



**Figura 16. Ejemplos de dibujos pre-cargados en AutoCAD.**

**Fuente: Modificado de SIMECELE.**

Ya que cada equipo de proceso o almacenamiento tiene un proceso de enumeración de los niveles de medición muy particular, este se realizará de acuerdo a lo indicado por la norma DG-SASIPA-IT-0204 Rev. 7 (figura 17).



**Figura 17. Ejemplo de digitalización de un intercambiador de calor.**

**Fuente: Modificado de SIMECELE.**

### 1.17.6 Etapa 6 Correlación de niveles en los Diagramas de Inspección Técnica.

El objetivo principal de la sexta etapa del PI-SIMECELE es relacionar los niveles del Diagrama de referencia, con los niveles de un DITE actualizado para comparar los niveles anteriores con los actuales, con el fin de actualizar y administrar mejor el historial de los Niveles de Inspección anteriores con los nuevos cambios detectados durante esta misma etapa.

Aunque corta, la integración es una fase vital del proceso de implementación del SIMECELE.

Este proceso tiene la función de comparar las unidades de control ya digitalizadas con el DFP, DTI y con las UC adyacentes para identificar inconsistencias en el levantamiento o digitalización de las mismas; es decir, armar un rompecabezas con los circuitos que forman parte del proceso, así como con las UC colindantes.

Si se llegaran a encontrar inconsistencia, se debe regresar a revisar las unidades de control en campo y corregir los isométricos ya elaborados.

#### **1.17.6.1 Empates de unidades de control de líneas (tubería).**

Un empate de Niveles de Inspección en una Unidad de Control es la relación de niveles de un diagrama de referencia (el del expediente) con uno actualizado el que se digitalizó a partir de los levantamientos (etapa 5).

Esta información es necesaria para realizar la etapa 8.

Esto significa que para cargar una inspección es necesario contar con el empate que asocie cada uno de los Niveles de Inspección, y permita asignar correctamente los datos de las Mediciones de Espesores a un nivel marcado en el DITE de cada UC, ya que puede darse el caso de tener Niveles de Inspección nuevos u otros que fueron eliminados.

La figura 18 muestra los diagramas de referencia con los que se cuenta en los centros de trabajo y uno elaborado en AutoCAD en el formato SIMECELE mismo que indica los niveles de medición de acuerdo a la norma DG-SASIPA-IT-0204 Rev. 7.

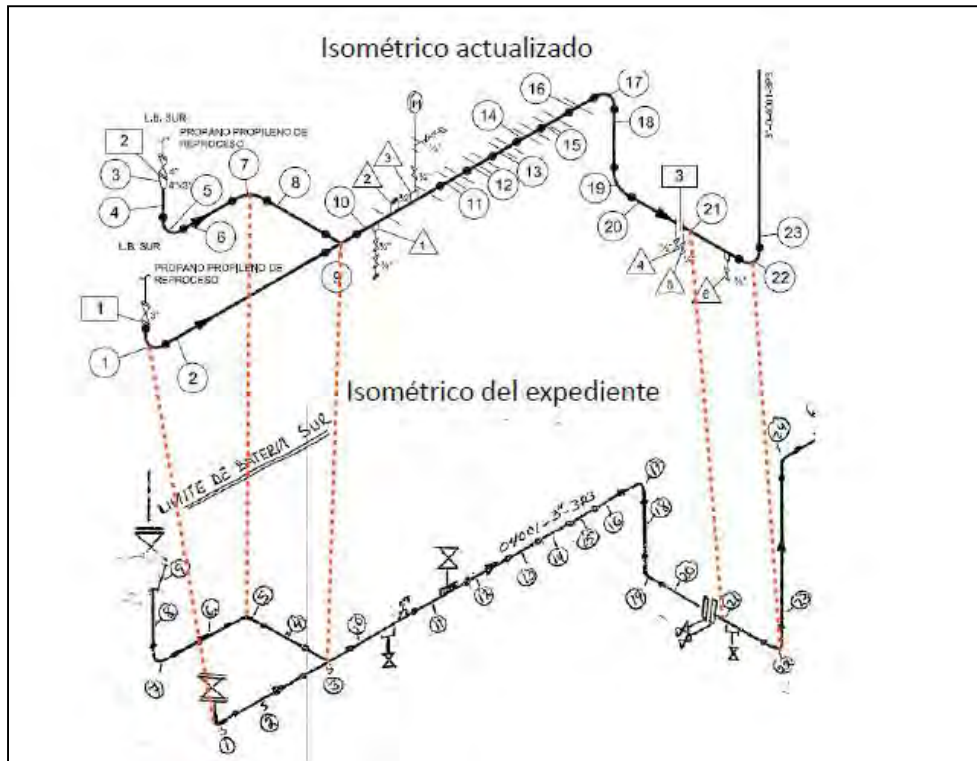


Figura 18. Comparaciones entre el isométrico de referencia y el actualizado.

Fuente: Modificado de SIMECELE.

Se debe contar con el Formato de Empate (figura 19) que contiene:

- Nombre de la planta
- UC final en SIMECELE (el número de Unidades de Control)
- UC anterior (o de referencia, éste puede variar dependiendo cómo sean identificadas las unidades de control en el centro de trabajo)
- Nombre de la persona que realiza el empate (sólo las iniciales)
- Nombre de la persona que realiza la captura en SIMECELE (sólo las iniciales)
- Fecha de elaboración del empate (día/mes/año)

“Detección y análisis de las causas que generan errores y fallas durante la implementación de un sistema de medición y control de espesores en líneas y equipos”

- Observaciones (sólo en caso necesario)

<b>FORMATO PARA EMPATES PARA LA CAPTURA</b>						UC FINAL EN SIMECELE <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">341</span>						
PLANTA CATALITICA No.1 FCC						UC ANTERIOR CTO. 47 U. DE C. 001						
EMPATE		MABP		CAPTURA		MABP						
OBSERVACIONES						FECHA <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">27/04/11</span>						
DN: Diámetro nominal (in)			R=roscado		S=soldado		Esp.= Especial					
NIVELES DE TUBERÍA						NIVELES DE NIPLERÍA				NIVELES DE TORNILLERÍA		
DN	ACTUAL	ANTERIOR	DN	ACTUAL	ANTERIOR	TIPO	DN	ACTUAL	ANTERIOR	DN	ACTUAL	ANTERIOR
3	1	1	1½	37	45	C-N-V-S	¾	1	A	3	1	1
3	2	2	1½	38	46	C-T-S	¾	2	B	4	2	2
4	3	9	1½	39	47	Esp12P-S	¾	3	C	3	3	5
3	4	8	1½	40	48	O-N-V-R	¾	4	D	3	4	10
3	5	7	1½	41	49	O-N-V-R	¾	5	E	3	5	12
3	6	6	1½	42	50	O-N-V-R	¾	6	F	3	6	12
3	7	5	1½	43	51	O-N-V-R	¾	7	G	2	7	13
3	8	4	1½	44	52	C-T-S	¾	8	H	1½	8	17
3	9	3	1½	45	53	C-N-V-S	¾	9	I	1½	9	17
3	10	10	1½	46	54							
3	11	12	1½	47	55							
3	12	13										
3	13	14										
3	14	15										
3	15	16										
3	16	Nvo										
3	17	17										
3	18	18										
3	19	19										
3	20	20										
3	21	21										
3	22	22										
3	23	23										

**Figura 19. Formato de empate para UC de líneas.**

**Fuente: Modificado de SIMECELE.**

El formato de empate está dividido en la sección de datos generales de la UC, la sección de observaciones, y tres columnas para indicar el empate de los niveles de medición de tubería, niveles de medición de niplería y niveles de inspección de tornillería.

En el caso de la niplería, se requiere indicar el tipo de arreglo y si la niplería es soldada o roscada.

En el empate debe respetarse la forma con la que estén designados los niveles de Inspección del isométrico de referencia ya que dependiendo de cada centro de trabajo puede variar la forma de nombrarlos.

El siguiente paso es comparar el isométrico actualizado con el isométrico de referencia. En la figura 18 se puede observar cómo se hace la comparación entre los isométricos, específicamente en los niveles de medición de tubería. Las líneas punteadas rojas indican la equivalencia entre niveles; por ejemplo, el nivel 7 del isométrico actual es equivalente al nivel 5 del isométrico de referencia de igual manera los niveles 3, 4, 5, 8, 9, 21 y 22.

Es importante recalcar que se debe escribir la abreviatura “Nvo” en la columna anterior cuando se trate de un Nivel de Inspección nuevo; es decir, que no existía en el isométrico anterior.

#### **1.17.6.2 Empates de unidades de control de equipos.**

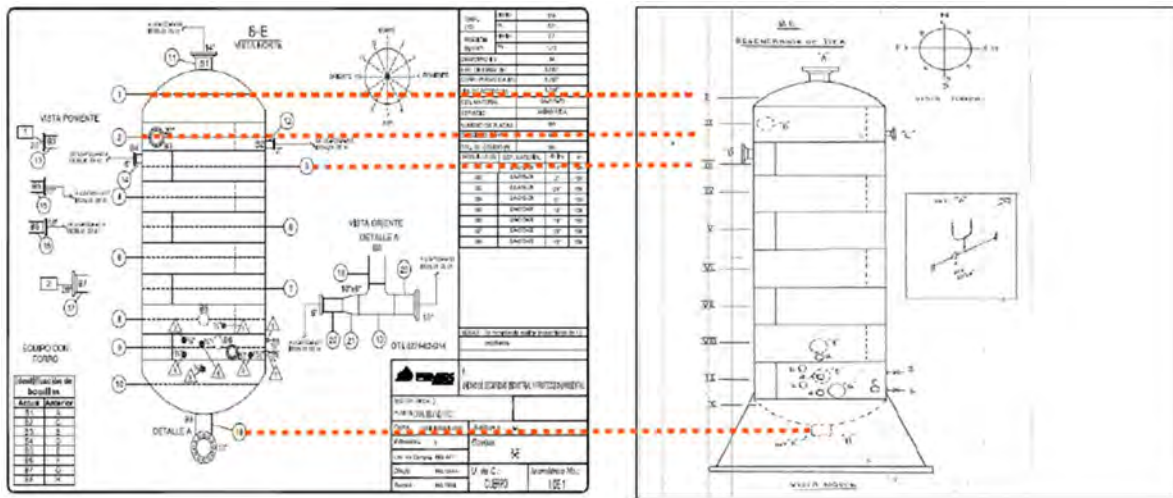
Para realizar el empate de una Unidad de Control de equipo se requiere el dibujo de referencia del equipo, en este dibujo se deben tener indicados los Niveles de Inspección para poder realizar correctamente el empate.

De igual manera que para el empate de líneas se debe contar con el dibujo actualizado y digitalizado en el formato SIMECELE y tener indicados todos los niveles de medición de tubería, niplería y niveles de inspección de tornillería como se muestra en la figura 20.

El registro de las equivalencias de Niveles de Inspección se realizará en el mismo Formato de Empates que se mostró para líneas. Los datos se deben llenar de manera similar, indicando los niveles anteriores de acuerdo al nombre dado por el centro de trabajo y los nuevos asignados por el grupo de trabajo de SIMECELE.



En la figura 20 se puede observar la correlación entre el dibujo actualizado y el dibujo de referencia. Las líneas rojas representan la equivalencia de los niveles de medición e inspección.



**Figura 20. Comparación de niveles de medición entre el dibujo actualizado y el de referencia (equipos).**

**Fuente: Modificado de SIMECELE.**

Por otra parte la figura 21 muestra el formato de empates al final de su llenado con los datos de la nueva inspección de espesores y su referencia con el nivel anterior.

El registro de las equivalencias de Niveles de Inspección se realiza en el Formato de Empates que se mostró en el empate para líneas. Los datos se deben llenar de manera similar.

“Detección y análisis de las causas que generan errores y fallas durante la implementación de un sistema de medición y control de espesores en líneas y equipos”

FORMATO PARA EMPATES PARA LA CAPTURA						UC FINAL EN SIMECELE		CUERPO				
PLANTA Catalítica FCC-1						UC ANTERIOR		8-E				
EMPATE MPT		CAPTURA MPT		FECHA		07/04/2011						
OBSERVACIONES En el expediente sólo se tienen 4 posiciones calibradas por cada nivel, debido al diámetro del equipo, los niveles se cargaron de 12 posiciones y se acomodaron las inspecciones del expediente.												
DN: Diámetro nominal (in)			R=rosca dp			S= soldado		Esp: Especial				
NIVELES DE TUBERÍA			NIVELES DE NIPLERÍA						NIVELES DE TORNILLERÍA			
DN	ACTUAL	ANTERIOR	DN	ACTUAL	ANTERIOR	TIPO	DN	ACTUAL	ANTERIOR	DN	ACTUAL	ANTERIOR
84	1	I				C-N-V-R	½	1	a	20	1	B
84	2	II				C-N-V-R	¾	2	b	20	2	G
84	3	III				C-N-V-R	½	3	g			
84	4	IV				C-N-V-R	¾	4	d			
84	5	V				C-N-V-R	¾	5	c			
84	6	VI				C-N-V-R	1½	6	f			
84	7	VII				C-N-V-R	½	7	h			
84	8	VIII				C-N-V-R	¾	8	e			
84	9	IX										
84	10	X										
14	11	A										
2	12	C										
20	13	B										
6	14	D										
10	15	E										
18	16	F										
20	17	G										
10	18	H										
10	19	NUEVO										

Figura 21. Formato de Empate para una UC de equipos.

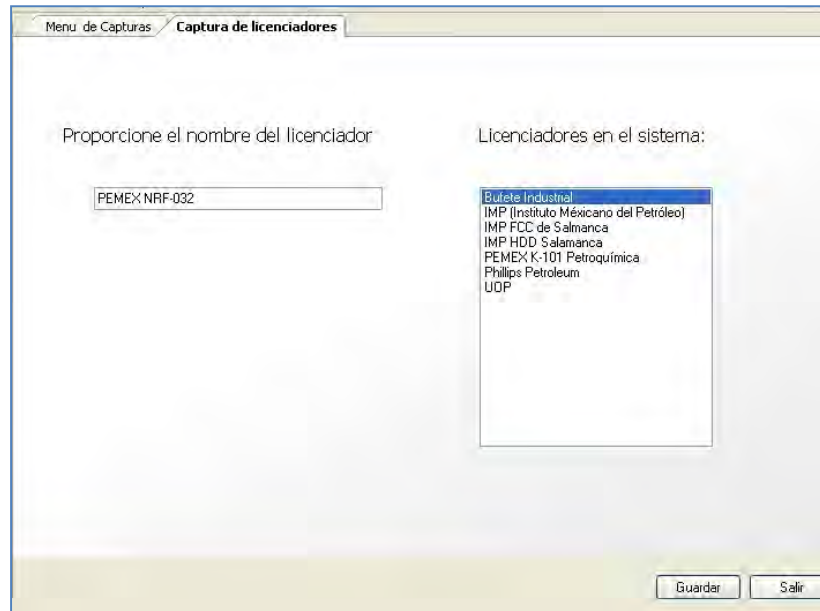
Fuente: Modificado de SIMECELE.

### 1.17.7 Etapa 7 Captura de especificación de materiales.

En esta parte del proceso se tiene por objetivo comenzar a ingresar la información requerida por el software para realizar la correcta administración de los datos como son: captura de licenciador, captura de especificación de materiales, captura de área o sector, captura de la planta terminal o estación, captura de circuitos, captura de circuitos para líneas y equipos.

#### 1.17.7.1 Captura del Licenciador.

El licenciador es la compañía o consorcio que se encargó del diseño y construcción de la planta (figura 22).



**Figura 22. Captura del licenciador**  
**Fuente: Modificado de SIMECELE.**

El SIMECELE ya cuenta con una base de datos de licenciadores, pero en caso de no encontrarse este se tendrá que dar de alta.

#### 1.17.7.2 Captura de especificación de materiales.

Esta captura requiere información sobre las especificaciones técnicas de los materiales, además de información detallada de las tuberías de proceso y sus accesorios, ya que a partir de esta información el software brinda información sobre el límite de retiro, el espesor nominal y el espesor máximo permitido, la cual se muestra en cada nivel cuando se capturan inspecciones.

Una vez identificado o capturado el licenciador se realiza la captura de especificación de materiales, que también es una tarea que sólo puede realizar el administrador del SIMECELE y debe hacerlo con especial cuidado,

“Detección y análisis de las causas que generan errores y fallas durante la implementación de un sistema de medición y control de espesores en líneas y equipos”

La información para la captura de especificación de materiales se obtiene del paquete de especificaciones de la planta o del libro negro, que contienen los datos técnicos que caracterizan a las clases de material y los servicios para los que se utiliza cada clase de material dentro de la planta (figura 23).

D99042		PIPING MATERIAL SPECIFICATION			PRIME :	5	
PROJECT : MADERO RECONFIGURATION PROJECT		(Specification Data)			DATE :	05/15/2000	
CLIENT : PEMEX-REFINACION		MATERIAL BASE		DATOS DE TEMPERATURA	PAGE :	2	
SERVICE	SERVICIOS	MATERIAL	RATING / FACING	TEMPERATURE LIMIT	CLASS		
LOW PRESSURE STEAM, CONDENSATE, FLARE, HYDROCARBON, NAPHTHA, MTBE WASH WATER, NITROGEN, OIL, TAME HYDROCARBON, ALKYLATION BAIL TURBOSINE, CAUSTIC, AMINE		CARBON STEEL	ANSI 150 / RFSF	-29 C. TO 371 C.	A2A		
(LICENSOR : IMP) - L		SEE NOTE SR5	0.05" CORROSION PERMITIDA	CONSTRUCTION	2" & SMALLER : SA 2-1/2" & LARGER : B		
NDE	NOTE SS1	HARDNESS	NONE		REMARK		
Seq	Rev	NOTE	ITEMNAME	ITEMCODE	SIZE RANGE(NPS)	DESCRIPTION	REFERENCE
78							
100							
110							
112							
120			PIP	5GDA140	0.5 - 2	PIPE SCH 80 SMLS A106-B 11	ESPECIFICACIÓN
122			PIP	5GDA120	2.5 - 16	PIPE STD WT SMLS A106-B 11	DEL MATERIAL
124			PIP	5GCB220	18 - 24	PIPE STD W/ ERW A53-B BE	
125	1		PIP	5GFF270	26 - 36	PIPE .250 WALL SAW API-SL-B BE RT 100%	
146	2A		PIP	5GFF274	38 - 48	PIPE .375 WALL SAW API-SL-B BE RT 100%	
148							
149							
150							
151							
152			ELL	5JAC111	0.5 - 2	ELL 90 DEG 3000# SW A105	
154			45L	5JBC111	0.5 - 2	ELL 45 DEG 3000# SW A105	
156			TEE	5JCC111	0.5 - 2	TEE 3000# SW A105	
158			VLJ	TEESYS	0.5 - 2	TEE 6000# SW/SWISCRD A105	

Figura 23. Hoja de especificaciones de materiales. Fuente: Modificado de SIMECELE.

Los datos que se requieren de la hoja de especificaciones son los siguientes:

- Clase de material.
- Material Base.
- Corrosión permitida.
- Servicio.
- Especificación del material.
- Características de la tubería
- Características de las niplerías y tornillerías.

### 1.17.7.3 Captura de área o sector.

Cada centro de trabajo se encuentra dividido para una mejor administración en áreas o sectores y de esta misma forma se deben manejar dentro del software SIMECELE. Por esto es necesario conocer el número y nombre correcto del área o sector al cual pertenece la planta, terminal o estación que será capturada.

Para dar de alta esta entidad:

- Ingrese al módulo Capturar o Editar información.
- En *opciones avanzadas de captura* seleccione *dar de alta sector*.
- Capture el número y el nombre del sector. El número de sector debe estar formado por dos números o un número y una letra. Si el sector no tiene nombre ingrese el número de éste (figura 24).



La imagen muestra una ventana de software con el título "Captura de sector" y el subtítulo "Ingrese los datos generales de un sector". Dentro de la ventana, hay dos campos de entrada de texto. El primer campo está etiquetado como "Número de Sector" y contiene el valor "13". El segundo campo está etiquetado como "Nombre" y también contiene el valor "13".

**Figura 24. Captura del sector en el SIMECELE. Fuente: Modificado de SIMECELE.**

### 1.17.7.4 Captura de la planta, terminal o estación.

Para dar de alta una planta o instalación requiere la siguiente información:

- Localización, Código, Nombre.

- Licenciador.
  - Servicios.
1. Ingrese a la página de bienvenida y dé clic sobre el ícono *capturar o editar información*.
  2. En *opciones avanzadas de captura* seleccione *dar de alta planta* (figura 25).
  3. Especifique la ubicación, esto es, a cual centro de trabajo y sector pertenece la planta, terminal o estación.

**Captura de planta**  
Ingrese los datos generales de la planta

Código de identificación	ALK 1
Nombre Oficial:	ALQUILACIÓN 1
Nombre Común	ALQUILACIÓN 1

**Figura 25. Captura de la planta. Fuente: Modificado de SIMECELE.**

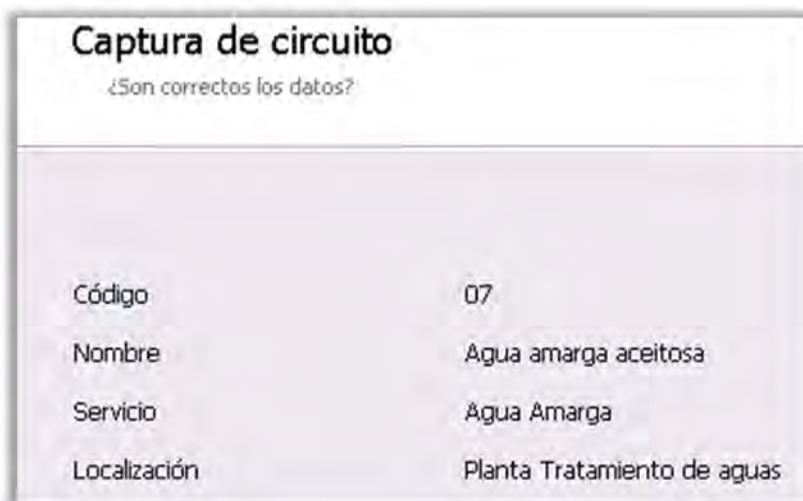
4. Ahora seleccione el Licenciador.
5. Escriba los servicios que proporciona la planta y la fase.
6. Cuando finalice de clic en Guardar.

### 1.17.7.5 Captura de circuitos para líneas.

La captura de circuitos debe realizarse empezando por los circuitos de líneas. Para capturar los circuitos de líneas en el software SIMECELE se realiza como sigue:

1. Seleccionar, en la página de bienvenida del SIMECELE, la opción *capturar o editar información*.
2. Dar clic en la opción *Dar de alta circuito*.
3. En el menú que se despliega seleccione: *el centro de trabajo/área o sector/planta, terminal o estación* al cual pertenece el circuito.
4. Proporcione el número y el nombre del circuito. Recuerde que los circuitos deben numerarse de acuerdo con el orden como se enumeraron en la etapa 2 Dar clic en *Siguiente*.
5. Seleccione de la lista el servicio que maneja el circuito que se está capturando. Dar clic en *Siguiente*.
6. En la ventana *Captura de circuito, ¿son correctos los datos?*, (figura 26) verifique la información. Si es correcta guarde los cambios; si no es así, dé clic en *anterior* y modifique los datos que requiera.

Repita todos los pasos anteriores hasta haber cargado todos los circuitos de líneas de la planta.



The image shows a screenshot of a web form titled "Captura de circuito". Below the title is a question: "¿Son correctos los datos?". The form contains four rows of data:

Captura de circuito	
¿Son correctos los datos?	
Código	07
Nombre	Agua amarga aceitosa
Servicio	Agua Amarga
Localización	Planta Tratamiento de aguas

Figura 26. Resumen de información del circuito para líneas.

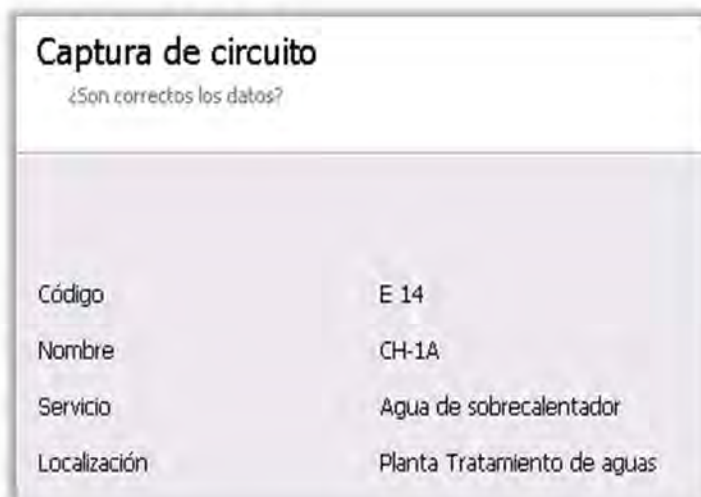
#### 1.17.7.6 Captura de circuitos para equipos.

Una vez capturados todos los circuitos de líneas, se procede a cargar los circuitos de equipos en orden alfabético.

1. En la página de bienvenida del SIMECELE seleccione la opción *capturar o editar información*.
2. Dé clic en la opción *Dar de alta circuito*.
3. Elija el *centro de trabajo/área o sector/ planta, terminal o estación* al cual pertenece el circuito.
4. Seleccione la casilla *circuito para equipo*. Aparecerá entonces la letra E dentro de un paréntesis, a un lado del campo *número de circuito*.
5. Proporcione el nombre del circuito. Los circuitos para equipos se nombran de acuerdo al TAG del equipo. Dar clic en *Siguiente*.



6. Elija el servicio del circuito. En el caso de intercambiadores de calor, torres o tanques de separación en donde el equipo maneja diferentes fluidos el servicio seleccionado será el del fluido más corrosivo.
7. Verifique los datos, y si estos son correctos guarde los cambios; si no es así, dé clic en *anterior* y modifique la información necesaria (Figura 27).



Captura de circuito

¿Son correctos los datos?

Código	E 14
Nombre	CH-1A
Servicio	Agua de sobrecalentador
Localización	Planta Tratamiento de aguas

**Figura 27. Resumen de información del circuito para equipos**

**Fuente: Modificado de SIMECELE.**

Repita los pasos 1 al 6 para capturar todos los circuitos de equipos de la planta. Es importante mencionar que los datos proporcionados en la captura de circuitos deben coincidir con el censo final de circuitos de la planta.

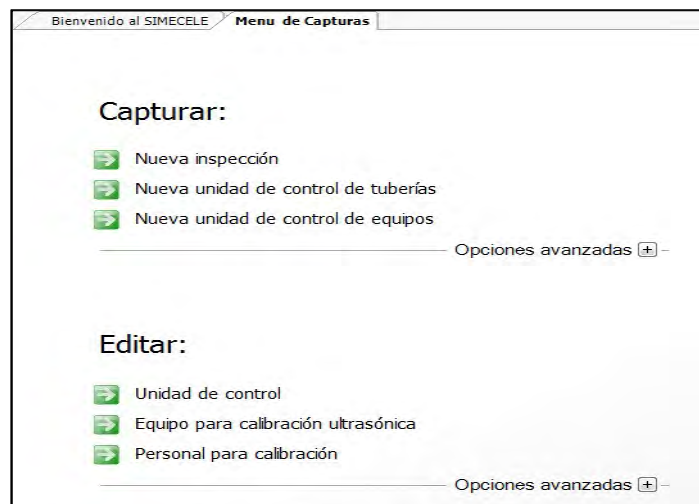
#### **1.17.8 Etapa 8 Captura de la estructura de la unidad de control.**

Al capturar una unidad de control, se requiere haber realizado todas las etapas de implementación y una serie de actividades que van desde entender la descripción del proceso de la planta para identificar los circuitos que la conforman, hasta la captura de especificación de los materiales en el software SIMECELE.

### 1.17.8.1 Captura de Unidad de Control de líneas.

Para dar de alta una unidad de control de línea en SIMECELE se procederá de la siguiente manera:

1. Elija *Capturar o editar información* en el *Menú de bienvenida*.
2. En el *Menú de capturas* seleccione *Nueva unidad de control de tuberías*(figura 28)



**Figura 28. Menú de capturas.**  
**Fuente: Modificado de SIMECELE.**

3. Especifique el circuito al que pertenece la unidad de control de líneas, es decir, centro de trabajo/área o sector/ planta, terminal o región/ circuito
4. Si la Unidad de Control pertenece a un equipo (por ejemplo un indicador de nivel) active la casilla *¿Pertenece a un equipo?* y elija de la lista la parte del equipo apropiada,
5. Si la unidad de control no forma parte de algún equipo, proporcione la clave de la unidad de control, que es un código numérico que consta de tres cifras. En caso de requerirse coloque el número de ceros necesarios a la izquierda (Figura 29).

6. Si la unidad de control se encuentra forrada, seleccione la casilla *Tubería forrada*, como se muestra en la Figura 29.
7. Después, proporcione la descripción de la unidad de control, esto es, en donde comienza la unidad de control y en donde termina. Presione *Siguiente*.

Bienvenido al SIMECELE    Menu de Capturas    Nueva unidad de control de tuberías

### Datos generales

Ingrese los datos generales de la unidad de control

Escriba la clave que tendrá la unidad de control o la parte del equipo a la que pertenece la unidad, de una breve descripción como se pide en el ejemplo.

¿Pertenece a un equipo?

Clave o parte del equipo: 035    Tubería forrada

Descripción:  
De EA-110B a Fa-110

Se encuentra localizado en: Circuito 01, agua amarga

**Figura 29. Detalles de identificación de la Unidad de Control de líneas.**  
**Fuente: Modificado de SIMECELE.**

8. En la pestaña *Requisitos de inspección*, seleccione las condiciones en que se encontraba la planta cuando se realizó la inspección; es decir, si la planta se encontraba operando, en paro total o parcial.
9. En la sección *Especificación de materiales* aparece una lista con diferentes códigos de material. Escoja la clase de material que constituye a la unidad de control y seleccione *siguiente*. (Ver isométrico de la unidad de control). (Figura 30).

**Especificación Materiales**  
Seleccione la especificación de materiales

Seleccione el código de la especificación que se va a utilizar en la unidad de control. Verifique que el material sea el adecuado.

Código actual: A11A Rev.

Seleccione el nuevo código:

<u>A11A Rev. 5</u>	<u>A13A</u>	<u>A13A Rev. 7</u>
<u>A11A Rev. 7</u>	<u>A13A Rev. 0</u>	<u>A14A Rev. 5</u>
<u>A12A Rev. 5</u>	<u>A13A Rev. 5</u>	<u>A14A Rev. 7</u>

Características de código:

Licenciador: IMP (Instituto Mexicano del Petróleo)

Material: ACERO AL CARBON

Corrosión permitida: 63

**Figura 30. Selección de la especificación del material**

**Fuente: Modificado de SIMECELE.**

10. Seleccione de la lista el servicio que proporciona la unidad de control y presione *Siguiente* (ver Figura 31).

**Rango de operación y servicio**  
Seleccione el servicio de la unidad de control

Seleccione el servicio que se desea utilizar. Verifique que las condiciones máximas de operación sean adecuadas.

Operación actual:  
Servicio: Hidrocarburo + H2S + H2 Gas Pmax: 6.8 Tr

Seleccione el nuevo servicio:

<u>Hidrocarburo + H2S + H2 Gas Pmax: 6.8 Tmax: 131.1</u>
<u>Gas amargo Gas Pmax: 6.5 Tmax: 55</u>
<u>Aguas amargas Líquido Pmax: 15.6 Tmax: 43.3</u>
<u>Hidrocarburo + H2S Líquido/Gas Pmax: 33.7 Tmax: 184.4</u>

Condiciones máximas:  
Presión Máxima (Kgf/cm<sup>2</sup>): 6.8  
Temperatura Máxima (°C): 131.1

**Figura 31. Elección del servicio de la Unidad de Control de líneas.**

**Fuente: Modificado de SIMECELE.**

11. De acuerdo con los datos del isométrico, proporcione presión y temperatura de operación y el índice de riesgo. Si no conoce este último seleccione no disponible (N.D.) y dé clic en *siguiente*, como se muestra en la figura 32.

The screenshot shows a web-based form titled "Características de la unidad de control" (Control Unit Characteristics). The form is part of a system called "SIMECELE" and is used for entering data for a "Nueva unidad de control de tuberías" (New pipe control unit). The form includes the following fields:

- Presión de Operación (Kgf/cm²):** A text input field containing the value "3".
- Temperatura de Operación (°C):** A text input field containing the value "18".
- Índice de Riesgo:** A dropdown menu with "N.D." selected. Below the dropdown, there is a note: "(Si no se cuenta con el dato de índice de riesgo favor de seleccionar N.D.)".

At the bottom of the form, there is a button labeled "Convertor de unidades" (Unit Converter).

**Figura 32. Captura de las condiciones de operación de la UC de líneas.**

**Fuente: Modificado de SIMECELE.**

12. Con el botón *Agregar* seleccione en la *Lista diámetros disponibles* los diámetros de la tubería que conforman a la unidad de control de líneas; así como los diámetros de las niplerías de la UC, y dé clic en *siguiente* (figura 33). Para realizar esto es necesario contar con el isométrico de la UC.

**Lista de Diámetros**  
Lista de diámetros de la unidad de control

Seleccione los diámetros a utilizar en la tubería y accesorios de la unidad de control.

1) Diámetros de tuberías:

Diámetros actuales:

1/2"
3/4"
3"

<<Agregar

Borrar>>

Diámetros disponibles:

5/8"	5"	16"
1"	6"	18"
1 1/2"	8"	20"
2"	10"	22"
3 1/2"	12"	24"
4"	14"	

2) Diámetros de niplería:

Diámetros actuales:

1/2"
1"
2"

<<Agregar

Borrar>>

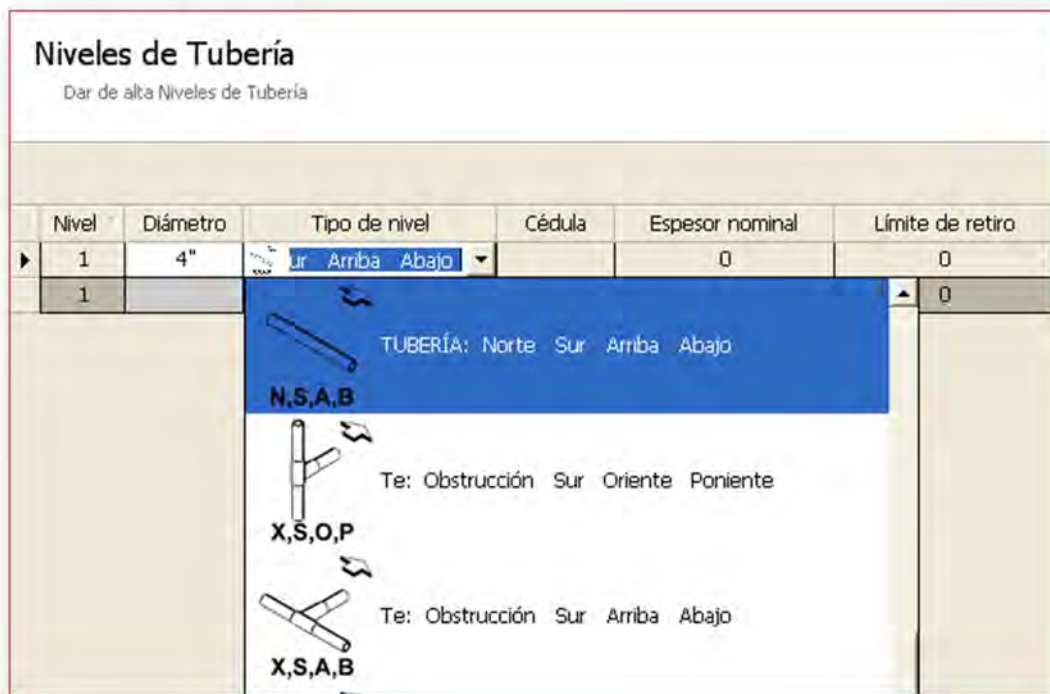
Diámetros disponibles:

5/8"
3/4"
1 1/2"

**Figura 33. Selección de los diámetros de la UC de líneas.**  
**Fuente: Modificado de SIMECELE.**

13. Dar de alta los Niveles de Revisión y Medición de Espesores de Tubería (con isométricos de la UC en mano), de acuerdo con el siguiente procedimiento:

- Primero dé clic sobre la casilla *nivel* para que ésta se active (figura 34).
- En la celda *Diámetro* seleccione el diámetro del nivel (figura 34).
- Después seleccione el *tipo de nivel*, que se refiere a la orientación y al tipo de arreglo del nivel que se está capturando (figura 34).
- La información de la cédula, espesor nominal y límite de retiro aparece automáticamente al terminar de llenar los datos anteriores (figura 34).



**Figura 34. Captura de los Niveles de Revisión y Medición de Espesores de Tubería en una UC de líneas.**

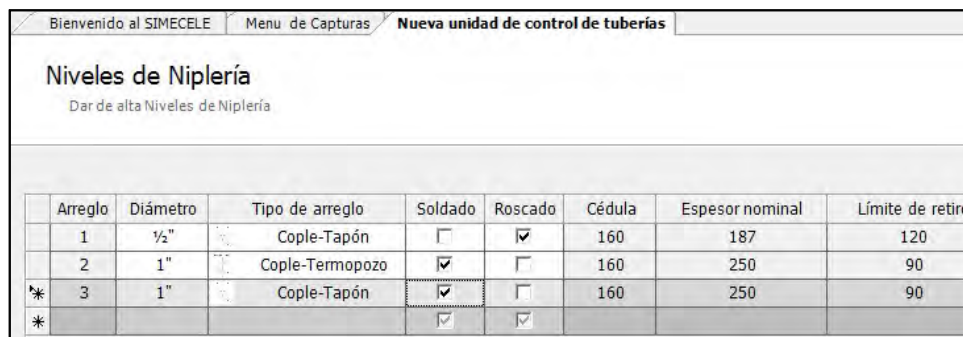
**Fuente: Modificado de SIMECELE.**

Repetir todos los pasos hasta terminar de capturar todos los niveles de medición de tubería de la unidad de control y dé clic en *Siguiente*.

Ahora capture los Niveles de Revisión y Medición de Espesores de Niplería, de acuerdo a los siguientes pasos:

1. Dé clic sobre la casilla *arreglo* para activar la fila (figura 35).
2. Seleccione el diámetro de la niplería (ver figura 35).
3. Después, seleccione el arreglo que tiene el nivel de niplería que se está capturando, como se muestra en la figura 35.
4. Elija si el arreglo es soldado o roscado (figura 35).

5. Corrobore que el dato de la *Cédula* del arreglo de niplería sea el que corresponde (figura 35).
6. Los campos *Espesor nominal* y *Límite de retiro* se llenarán en automático al terminar de capturar la información anterior (figura 35).



	Arreglo	Diámetro	Tipo de arreglo	Soldado	Roscado	Cédula	Espesor nominal	Límite de retiro
	1	½"	Cople-Tapón	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	160	187	120
	2	1"	Cople-Termopozo	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	160	250	90
*	3	1"	Cople-Tapón	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	160	250	90
*				<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>			

**Figura 35. Captura de los Niveles de Revisión y Medición de Espesores de Niplería en una Unidad de Control de líneas. Fuente: Modificado de SIMECELE.**

Repetir todos los pasos hasta terminar de capturar todos los arreglos de niplería de la unidad de control y dé clic en *Siguiente*.

En la Captura de Niveles de Inspección de Tornillería es indispensable tener el isométrico de la unidad de control para realizar el siguiente procedimiento:

1. Para dar de alta un Nivel de Inspección de Tornillería seleccione la casilla *brida* (figura 36).
2. Posteriormente elija el diámetro de la brida, como se muestra en la figura 36.
3. Proporcione el número de espárragos que tiene la brida en captura (ver figura 36).
4. La información de libraje se llenará automáticamente (figura 36).





Brida	Diámetro	No. de espárragos	Libraje
1	1/2"	1	150#
2	3"	5	150#
3	1/2"	1	150#
4	3/4"	3	150#
*			

**Figura 36. Captura de los Niveles de Inspección de Tornillería de la UC de líneas**  
**Fuente: Modificado de SIMECELE.**

Ahora verifique en el *resumen general de la unidad* que los datos capturados sean los correctos. Si los datos son correctos dé clic en *guardar* y finalice el asistente.

En caso de que los datos no sean correctos, entonces dé clic en *anterior* hasta llegar a la ventana en la cual debe modificar la información.

### 1.17.9 Etapa 9 Captura de inspecciones de la unidad de control.

Después de capturar la estructura de la unidad de control en el software SIMECELE se procede a capturar las inspecciones, en donde se ingresaran los datos de la inspección técnica.

#### 1.17.9.1 Captura de la fecha de calibración.

Con esta secuencia de pasos se puede realizar la correcta captura de inspecciones en el SIMECELE.

1. En la *Ventana de bienvenida* del SIMECELE seleccione *Capturar o editar información*.
2. En el *Menú de capturas* elija *Nueva inspección*.
3. En la ventana emergente localice la unidad de control, por centro de trabajo/área o sector/planta, terminal o región/circuito/unidad de control,
4. Posteriormente se abrirá la ventana *Datos de la inspección* en donde debe proporcionar la información en el siguiente orden (ver figura 37):
  - a) Establezca en el calendario la fecha de inspección (día, mes y año).
  - b) Seleccione de la *Lista de personal* el ingeniero de seguridad y el inspector (Si no proporciona estos datos el software no le permitirá continuar).
  - c) En *Tipo de trabajo* active las casillas según el tipo de inspección que vaya a capturar, de acuerdo con el expediente. Se activarán las pestañas correspondientes para capturar la información.
  - d) Seleccione de la *Lista de instrumentos disponibles* el instrumento que se utilizó para la inspección que se va a capturar.
  - e) Verifique que la información capturada sea correcta.
  - f) Dé clic en guardar. (No dé clic en *Salir*, de lo contrario la inspección se cerrará).

“Detección y análisis de las causas que generan errores y fallas durante la implementación de un sistema de medición y control de espesores en líneas y equipos”

Bienvenido al SIMECELE | Menu de Capturas | Unidad de control: UC-ATM 1-034

Datos de la inspección

### Datos de la inspección de septiembre de 2011

Unidad de control: UC-ATM 1-034

Fecha de inspección: **sep-2011**

Ingeniero de seguridad: 376794 - alejandro garcia trejo [Quitar->]

Inspector: 327401 - Erika Bautista Ortiz [Quitar->]

Ayudante de la inspección: 488206 - Hemenegildo Sanchez Becerra [Quitar->]

Lista de personal

- 200000 - AAA Pruebas
- 475749 - Rodrigo Rodriguez Navarrete**
- 424242 - Joel Mendoza
- 091287 - Nayeli Andrade Chavez
- 488245 - Nestor Ramirez Cabrera
- 100000 - Orlando Flores Fajardo
- 327847 - Oscar Lara Sanchez
- 999999 - Prueba para errores
- 221985 - Sergio Isnardo Sanchez Cabrera
- 121212 - Vicente Valle Perez

Tipo de trabajo realizado:

- Inspección de tubería
- Inspección visual de tubería
- Inspección de partes de un equipo
- Revisión e inspección de niplería
- Inspección de tornillería

Instrumentos utilizados

- DMS 2TC, Con Numero de serie 1111**

Instrumentos disponibles

- DM4DL, Con Numero de serie 5653
- DMS 2TC, Con Numero de serie 010FLP**
- DMS 2TC, Con Numero de serie 21252612

Validación de inspección

Descripción: Lista de instrumentos disponibles en la planta

Figura 37. Captura de datos de inspección. Fuente: Modificado de SIMECELE.

### 1.17.9.2 Captura de inspección de tuberías.

Los pasos para capturar una inspección de tubería son los siguientes:

1. En la pantalla de Detalles de la inspección, seleccione la opción Calibración de tubería.
2. En la casilla *Lectura actual* capture los datos de la lectura de espesores registrados en el expediente en milésimas de pulgadas
3. En la columna que se tiene fondo blanco, ingrese los datos de la medición de espesores.
4. Dé clic en guardar. Aparecerá una ventana para informarle que la información se capturó correctamente (figura 38).

“Detección y análisis de las causas que generan errores y fallas durante la implementación de un sistema de medición y control de espesores en líneas y equipos”

Número de Nivel	Datos del Nivel	Posición	Lectura Anterior	Lectura Actual	Velocidad de Desgaste	Detalles
5	Esp. Nom.: 300 Esp. Min.: 100 Esp. Max.: 338  Diámetro: 3"	Norte	205 (may-2002)	200	0.64	Punto normal
		Sur	205 (may-2002)		37.94	A 1 año o menos del límite de reti
		Oriente	213 (may-1999)	100	10.47	A 1 año o menos del límite de reti
		Poniente	214 (may-1999)	300	0	Engrosamiento respecto al punto
	Esp. Nom.: 300 Esp. Min.: 100 Esp. Max.: 338	Oriente	215 (may-1999)			Sin medición
		Poniente	200 (may-2002)			Sin medición

Figura 38. Captura de inspección de tuberías. Fuente: Modificado de SIMECELE.

### 1.17.9.3 Captura de inspección de niplería.

Los pasos para capturar una inspección de niplería son:

1. Seleccionar la pestaña *Inspección de niplería*.
2. En la columna de *Calibración*, ingresar los datos de la inspección registrada en el expediente, también en milésimas de pulgada. Los datos de *Vida útil*, *Velocidad de corrosión* y *Detalles* aparecerán automáticamente (ver figura 39), ya que el software SIMECELE realiza el cálculo correspondiente de acuerdo con la norma DG-SASIPA-0204 Rev. 7.
3. Corroborar que los datos sean correctos.
4. Guardar los cambios.

Inspección de niplería de octubre de 2011								
Inspector: Erika Bautista Ortiz								
Ver isométrico de la unidad de control  Exportar a excel  Actualizar niveles								
Calibración de niveles:								
	Nivel y Tipo de Arreglo	Pieza	Lectura anterior	Calibración	Vida Util	Velocidad de corrosión	Detalles	
Inspección de niplería	Nivel: 1 Arreglo Cople-Tapón	Base	260 (nov-2008)	100	0.2	55.89	EMPLAZAMIENTO, a 1.5 años o	
		Base	203 (dic-2006)	98	0.4	22.05	EMPLAZAMIENTO, a 1.5 años o	
		Cople	245 (may-2010)	99	0.1	105.52	EMPLAZAMIENTO, a 1.5 años o	
		Cople	252 (may-2010)	125	0.4	91.79	EMPLAZAMIENTO, a 1.5 años o	
Inspección visual de niplería	Nivel: 2 Arreglo Cople-Niple-Válvula	Base	310 (nov-2008)	205	3.1	36.67	Velocidad de desgaste crítica, igu	
		Base	315 (nov-2008)	209	3.2	37.02	Velocidad de desgaste crítica, igu	
		Cople	290 (nov-2008)	120	0.5	59.38	EMPLAZAMIENTO, a 1.5 años o	
		Cople	215 (nov-2008)	118	0.8	33.88	EMPLAZAMIENTO, a 1.5 años o	
Revisión de tornillería	Nivel: 3 Arreglo Orificio-Niple-Válvula	Niple	170 (nov-2008)	75	-0.5	33.18	POR DEBAJO DEL LIMITE DE R	
		Niple	180 (nov-2008)	120	1.4	20.96	EMPLAZAMIENTO, a 1.5 años o	
		Base						Sin medición
		Base						Sin medición
Validación de inspección	Nivel: 3 Arreglo Orificio-Niple-Válvula	Niple	176 (dic-2006)				Sin medición	
		Niple	183 (dic-2006)				Sin medición	

Figura 39. Captura de la inspección de niplería. Fuente: Modificado de SIMECELE.

#### 1.17.9.4 Captura de inspección de tornillería.

La captura de la inspección de tornillería se realiza de la siguiente forma

1. Active la casilla *Revisión de tornillería*, en la ventana *Datos de inspección*.
2. Se mostrará una tabla en la que se deben realizar ciertas acciones:
  - a) Seleccionar de la lista el grado de corrosión que presenta cada nivel de tornillería.
  - b) Indicar el número de espárragos (deberá ser cambiado en cada nivel).
  - c) En caso de que el expediente cuente con notas en la inspección de tornillería, registrarlas en la columna de observaciones.
3. Verifique que los datos son correctos.
4. Dé clic en guardar.



	Número de brida	Cantidad de espárragos	Grado de corrosión	Número de espárragos por cambiar	Observaciones
1	1	8	Leve	1	
2	2	8	No asignado	2	
3	3	8	No asignado	3	
4	4	8	No asignado	4	
5	5	8	No asignado	5	
6	6	8	No asignado	6	
7	7	4	No asignado	7	
8	7	4	No asignado	8	

**Figura 40. Captura de la inspección de tornillería. Fuente: Modificado de SIMECELE.**

### 1.17.10 ETAPA 10 Revisión y Validación del análisis de la Medición de espesores, y generación del programa anual de Mediciones de espesores.

Después de realizar la primera carga de información al SIMECELE, el personal encargado de la inspección de la instalación deberá revisar y validar la información cargada.

En esta última etapa del proceso de implementación se da la pauta para continuar con el ciclo del SIMECELE, pues es aquí donde software determinará la velocidad de desgaste, vida útil estimada, fecha de retiro probable y la siguiente fecha de medición de espesores y de esta forma poder continuar con la mejora de las prácticas de la administración de la Integridad Mecánica y la Inspección Preventiva de Espesores en los centros de trabajo de Pemex-Refinación.

A continuación se muestran algunos ejemplos de lo que podemos hacer con el software SIMECELE una vez terminado el proceso de implementación.

- Ver e imprimir los diagramas de inspección técnica (figura 41).

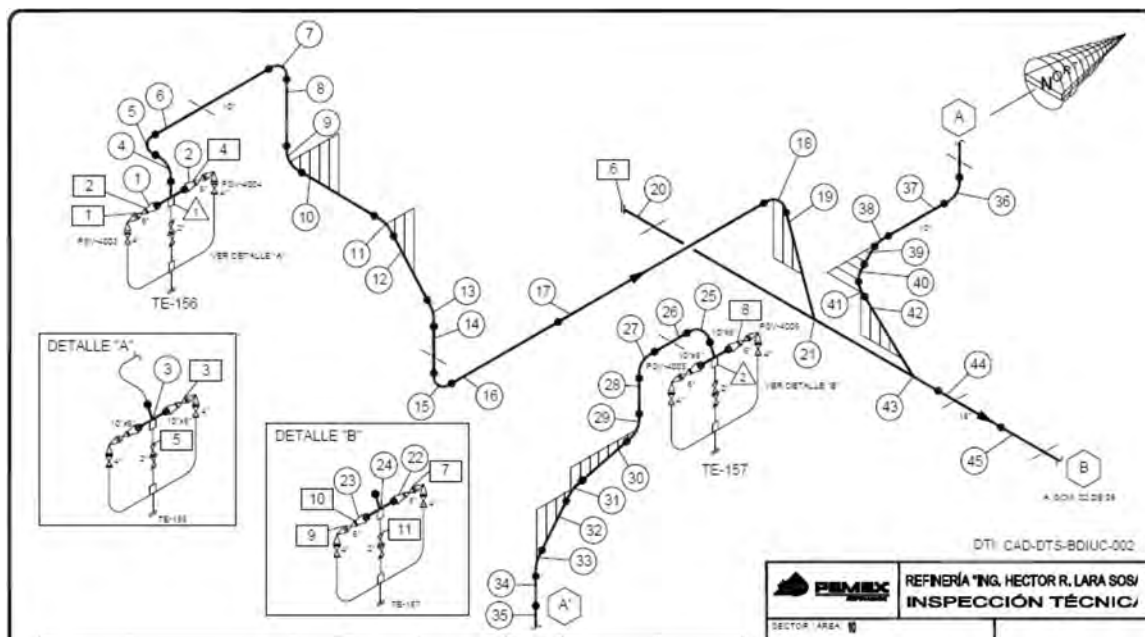


Figura 41. Consulta de isométrico dentro de SIMECELE.

Fuente: Modificado de SIMECELE.

“Detección y análisis de las causas que generan errores y fallas durante la implementación de un sistema de medición y control de espesores en líneas y equipos”

- Consulta del programa anual de medición (figura 42).

Programa Anual de Medición de Espesores en Líneas 2013

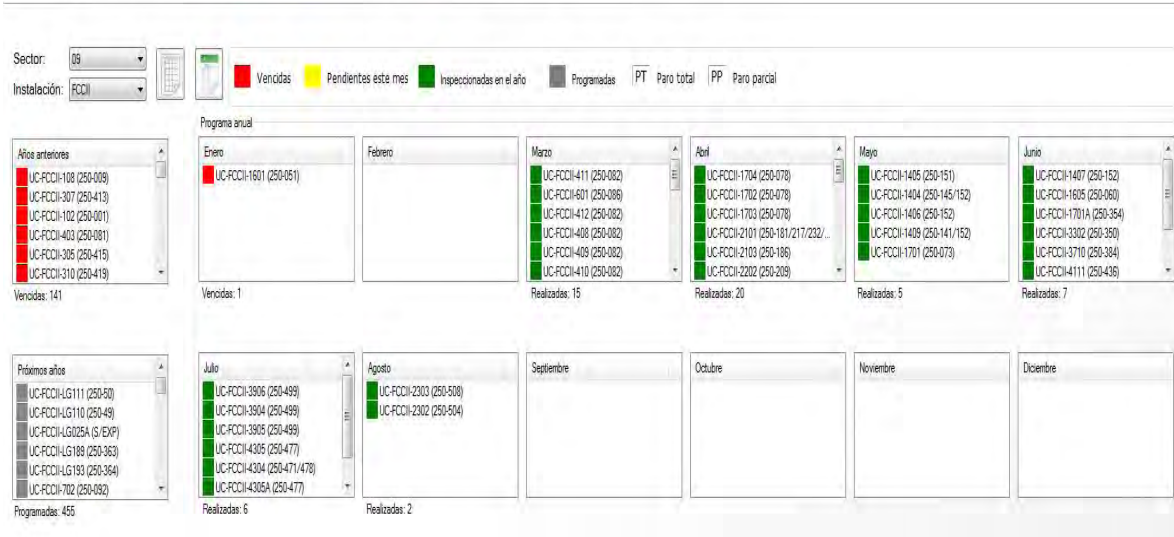


Figura 42. Programa anual de medición de espesores de línea en SIMECELE.

- Datos de medición de espesores (figura 43).

SIMECELE

Archivo Ver Administración Ayuda

Inicio Catalítica Captura UNAM, FCCII Expediente de inspecciones de la unidad de control UC-FCCII-407 (250-083/132) Gráfico de UC-FCCII-407 (250-083/132) Unidad de control: UC-FCCII-407 (250-083/132)

Inspección de tubería de octubre de 2011  
Inspector: captura U N A M

Temperatura ● Inspección completa ➔ Enviar al Medidor ➔ Descargar del Medidor ➔ Ver isométrico de la unidad de control ➔ Exportar a excel ➔ Actualizar niveles

Número de Nivel	Datos del Nivel	Posición	Lectura Anterior	Lectura Actual	Velocidad de Desgaste	Detalles
1	Esp. Nom.: 237 Lim. Ret.: 120 Esp. Max.: 267 Diámetro: 4"	Oriente	-	262	-	No tiene mediciones previas validas
		Poniente	-	257	-	No tiene mediciones previas validas
		Fuera (Codo)	-	259	-	No tiene mediciones previas validas
		Dentro (Garganta)	-	263	-	No tiene mediciones previas validas
2	Esp. Nom.: 280 Lim. Ret.: 150 Esp. Max.: 315 Diámetro: 6"	Oriente	-	309	-	No tiene mediciones previas validas
		Poniente	-	300	-	No tiene mediciones previas validas
		Arriba	-	315	-	No tiene mediciones previas validas
		Abajo	-	305	-	No tiene mediciones previas validas
3	Esp. Nom.: 280 Lim. Ret.: 150 Esp. Max.: 315 Diámetro: 6"	Oriente	-	289	-	No tiene mediciones previas validas
		Poniente	-	297	-	No tiene mediciones previas validas
		Arriba	-	288	-	No tiene mediciones previas validas
		Abajo	-	292	-	No tiene mediciones previas validas
4	Esp. Nom.: 280 Lim. Ret.: 150 Esp. Max.: 315 Diámetro: 6"	Arriba	-	314	-	No tiene mediciones previas validas
		Abajo	-	311	-	No tiene mediciones previas validas
		Fuera (Codo)	-	321	-	No tiene mediciones previas validas
		Dentro (Garganta)	-	316	-	No tiene mediciones previas validas
5	Esp. Nom.: 280 Lim. Ret.: 150 Esp. Max.: 315 Diámetro: 6"	Norte	-	287	-	No tiene mediciones previas validas
		Sur	-	299	-	No tiene mediciones previas validas
		Arriba	-	300	-	No tiene mediciones previas validas
		Abajo	-	294	-	No tiene mediciones previas validas
6	Esp. Nom.: 280 Lim. Ret.: 150 Esp. Max.: 315 Diámetro: 6"	Norte	-	324	-	No tiene mediciones previas validas
		Sur	-	317	-	No tiene mediciones previas validas
		Fuera (Codo)	-	310	-	No tiene mediciones previas validas
		Dentro (Garganta)	-	319	-	No tiene mediciones previas validas
7	Esp. Nom.: 280 Lim. Ret.: 150 Esp. Max.: 315 Diámetro: 6"	Oriente	-	318	-	No tiene mediciones previas validas
		Poniente	-	321	-	No tiene mediciones previas validas
		Fuera (Codo)	-	325	-	No tiene mediciones previas validas
		Dentro (Garganta)	-	347	-	20% o más por encima del espesor nominal fpo

Figura 43. Espesores de línea en SIMECELE. Fuente: Modificado de SIMECELE.

“Detección y análisis de las causas que generan errores y fallas durante la implementación de un sistema de medición y control de espesores en líneas y equipos”

- Gráfica de medición de espesores en milésimas de pulgada al año (mpa) con respecto al espesor nominal y límite de retiro (figura 44).

En esta gráfica el eje de las abscisas lo conforman los puntos de medición y el eje de las ordenadas representa el espesor en milésimas de pulgada al año.

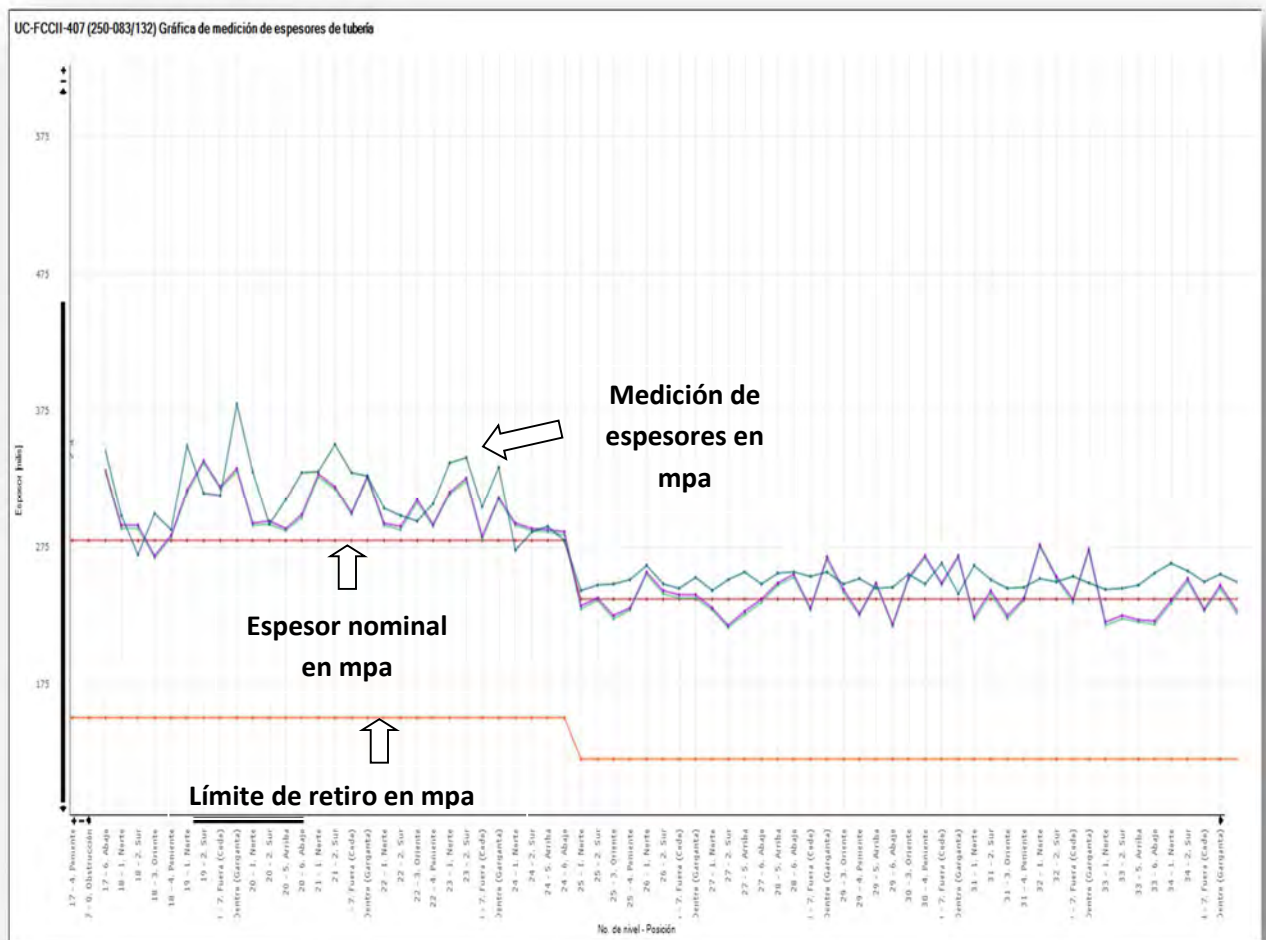


Figura 44. Gráfica de datos de espesores de línea en SIMECELE.

Fuente: Modificado de SIMECELE.



## **1.18 Metodología para la detección y análisis de las causas que generan fallas y errores durante la implementación del SIMECELE.**

Para un procedimiento cuyo objetivo sea la solución de problemas es necesario tener una correcta metodología que permita tipificar las causas de los problemas existentes para así poder obtener un correcto diagnóstico de los mismos.

De igual manera es indispensable una propuesta de mejoras que nos permita dar la solución de los problemas detectados, a fin reducir las brechas existentes entre los problemas detectados y las soluciones que nos permitan mejorar el sistema en cuestión.

Esto permite una mejora continua que se refleja directamente en un aumento de la calidad del servicio que se le proporciona al consumidor final.

Para el desarrollo de esta parte de mi tesis propongo una metodología que consta de las siguientes etapas para la identificación de las causas que generan los errores y fallas durante la implementación del SIMECELE.

Paso 1. Recopilar la información necesaria para el diagnóstico.

Paso 2. Agrupar la información recabada.

Paso 3. Analizar la información agrupada.

### **1.18.1 Recopilación de la información necesaria para el diagnóstico.**

Un aspecto muy importante en el proceso de elaboración de la presente tesis, es la relacionada con la obtención de la información, pues de ello depende la confiabilidad y validez del trabajo que propongo. Obtener información confiable y válida requiere de un especial cuidado y atención.

Los datos deben de ser confiables, es decir, deben ser pertinentes y suficientes, para lo cual es necesario definir las fuentes y técnicas adecuadas para su recopilación.

El método que propongo para la recopilación de información que permite detectar las causas que generan errores durante la implementación del SIMECELE es el siguiente:

- La recolección de información es recabada de fuentes de información primarias, es decir del personal de trabajo que ha realizado directamente los procesos de implementación del SIMECELE a través de los diferentes convenios celebrados con Pemex Refinación.
- La técnica de recolección de la información es a través de entrevistas presenciales, pues este método está orientado a establecer contacto directo con las personas que considero fuente de información primaria. La entrevista se realiza por medio de un cuestionario, el cual se muestra en el anexo “A” y que tiene como propósito obtener información del tipo espontánea y abierta, además, la entrevista del tipo presencial permite profundizar más en cierta información que resulte relevante para el trabajo que propongo.

### **1.18.2 Agrupación de la información recabada.**

En esta parte del trabajo busco procesar todos los datos que se encuentran dispersos, desordenados y sin agrupar de las causas que generan errores y fallas durante el proceso de implementación del SIMECELE. Los cuales son obtenidos con apoyo del personal de trabajo del grupo CEASP<sup>4A</sup> durante las entrevistas presenciales en el punto anterior de mi trabajo y con los que se tiene como finalidad, generar resultados (datos agrupados y ordenados), a partir de los cuales se pueda realizar el análisis formal de estos.

La forma en que agrupo la información recabada está basada en las características en común que presentan cada una de las diez etapas de implementación del SIMECELE. Además debo considerar las similitudes que se lleguen a encontrar en las causas que generan errores y fallas durante cada etapa del mencionado proceso de implementación. Por último también tomo como parámetro de agrupación, el cómo afectan estas causas de errores a las demás etapas del proceso.

### **1.18.3 Análisis de la información agrupada.**

Después de recabar y agrupar la información de las causas que generan errores y fallas durante el proceso de implementación del SIMCELE, es posible realizar el análisis formal de los datos.

La herramienta de la que hago uso para el análisis de la información es El Diagrama de causa/efecto o espina de pescado de Ishikawa, esta herramienta es la más adecuada para el análisis de la información, pues me permite tipificar las causas que generan errores y fallas durante la implementación del SIMECELE, lo cual, es uno de los objetivos que persigo en mi presente trabajo.

El Gráfico resultante permite visualizar de una manera fácil, agrupada y tipificada todas aquellas causas de desviación detectadas durante las entrevistas con los ingenieros de campo.

El diagnóstico que realizo sirve de base para proponer posibles soluciones, que en teoría disminuirán los errores generados durante el proceso de implementación del SIMECELE.

## **CAPÍTULO II - RESULTADOS.**

### **2.1 Marco referencial.**

Aumentar la calidad de un producto o servicio aumenta la competitividad de una empresa y asegura la satisfacción del consumidor final. Si bien, en productos procesados para consumo, se cuenta con varios métodos y técnicas a fin de poder controlar y cuantificar las variables que causan desviaciones en los parámetros de calidad preestablecidos en el producto, esto no ocurre de igual manera para una organización que se dedica al préstamo de servicios especializados, esto es, que cuando la empresa prestadora de servicios no cuenta con una metodología especializada para la detección y corrección de desviaciones en la calidad del servicio ofrecido, se puede caer en situaciones que mermen la calidad del trabajo y disminuyan la competitividad de la empresa en cuestión.

El primer paso para asegurar la calidad de la prestación de un servicio, como lo es la Implementación del SIMECELE en los Centros de trabajo de Pemex-Refinación, es contar con una metodología a seguir que permita identificar las áreas de oportunidad de mejora en la calidad del servicio ofrecido, y en base a esto, proponer soluciones, para así asegurar la satisfacción del cliente.

Lo anterior se refleja en un mayor aprovechamiento de los recursos, tanto materiales como humanos, lo que genera una mayor competitividad de la empresa prestadora de servicios y asegurará la entrega en tiempo y forma del trabajo solicitado por el cliente.

### **2.2 Recopilación de la información necesaria para el diagnóstico.**

Como se describió en el capítulo anterior, el proceso de recopilación de la información para detectar las causas que generan errores y fallas durante el proceso de implementación del SIMECELE se realizó por medio de entrevistas

presenciales al personal de trabajo del grupo CEASP<sup>4</sup>A, quienes son los encargados de llevar a cabo el proceso de implementación del software SIMECELE en los diferentes centros de trabajo de Pemex-Refinación.

El cuestionario que se resolvió durante las entrevistas presenciales y por medio del cual se recabó la información se muestra en el anexo “A”.

Es importante señalar que un equipo de trabajo encargado del proceso de implementación del SIMECELE se conforma de un ingeniero coordinador de proyecto, un ingeniero residente y aproximadamente de tres a cinco especialistas técnicos, por lo que en la búsqueda de tener una muestra representativa de los grupos de trabajo se entrevistó a un ingeniero coordinador de proyecto, un ingeniero residente y tres especialistas técnicos, los resultados obtenidos se muestran en el anexo “B” de resultados.

### **2.3 Agrupación de la información recabada.**

En esta parte del trabajo, realizo la agrupación de las diferentes causas que conllevan a generar errores y fallas durante las diez etapas de implementación del SIMECELE, esto sirve como base para realizar un correcto análisis de la información recabada.

Para poder realizar un correcto análisis, es necesario agrupar y ordenar la información recabada en la etapa anterior, lo cual se hace con la finalidad de poder visualizar y manejar de una manera más práctica toda la información recopilada.

De la descripción del proceso de implementación del SIMECELE (punto 1.16) y la recopilación de la información necesaria para el diagnóstico (punto 2.2), puedo puntualizar algunas similitudes en base a las características de cada una de las diez etapas, tanto en la forma en que deben ser realizadas, así como las causas que generan errores durante su ejecución, lo anterior lo tomo como base para generar la siguiente forma de agrupación:

- ❖ De las etapas uno a la tres, podemos concluir que en estas el objetivo buscado es recabar y generar toda la información que servirá como base y sustento para las siguientes etapas de implementación y a pesar de que existe una clara interdependencia de todas y cada una de las etapas con su antecesora, sin la información que es recabada en la primera etapa y la que es generada en la segunda y tercera, el proceso de implementación del SIMECELE es prácticamente imposible.

Por otra parte en la información recabada de las causas que generan errores en las etapas uno, dos y tres también se presentan grandes parecidos.

Por consiguiente, dada la similitud existente en los objetivos buscados y la forma tan parecida en que repercuten las malas prácticas en las etapas uno, dos y tres al proceso de implementación del SIMECELE, me es posible agrupar las causas que generan sus respectivos errores y fallas en un solo bloque que servirá como base para su posterior análisis.

- ❖ De una forma muy parecida a lo anterior, lo mismo ocurre de las etapas cuatro a la seis, pues en estas etapas se engloba todo lo referente al trabajo realizado propiamente en campo, se debe mencionar que en esta parte del proceso de implementación todos los esfuerzos y recursos se enfocan a la actualización, digitalización y correlación de las diferentes unidades de control existentes en los diferentes centros de trabajo; Mencionado lo anterior puedo afirmar que en estas tres etapas las características del trabajo, interdependencia de cada etapa con su antecesora, los conocimientos que necesita el personal de trabajo para su ejecución y los objetivos que se buscan, pero sobre todo en las causas que generan errores y fallas durante la implementación del SIMECELE existen grandes similitudes y esto me sirve como base para poder agruparlas en un segundo bloque de análisis.

- ❖ Por último, las etapas siete, ocho, nueve y diez del proceso de implementación, son las referentes a todo el trabajo que se debe de realizar específicamente en el software SIMECELE, este trabajo es realizado solo por los usuarios autorizados por el programa y es donde toda la información recabada y generada en las seis etapas anteriores converge para poder realizar el análisis y administración de la integridad mecánica de las líneas y equipos existentes en los centros de trabajo de Pemex-Refinación, mencionado lo anterior, resulta obvio que para estas etapas la forma de trabajo, los conocimientos requeridos del personal para realizar esta parte de la implementación, la información necesaria a introducir en software y lo más importante para los propósitos de esta tesis, las causas que generan errores y fallas son muy similares. Es por lo anterior que aquí propongo el tercer y último bloque, el cual tomo como base para realizar posteriormente el análisis de la información.

En síntesis la forma de agrupar la información recabada mediante las entrevistas presenciales de las causas que generan errores y fallas durante la implementación del SIMECELE, es a través de la generación de tres bloques básicos de información, los cuales estructuro y nombro de la siguiente manera.

El primer bloque se compone de la etapa uno hasta la tres, y lo llamo *Bloque de recopilación y generación de información*.

El segundo bloque está compuesto de la etapa cuatro a la seis y lo llamo *Actualización, Digitalización y Correlación de UC*.

El tercero y último bloque está conformado por las etapas siete hasta la diez y lo nombro *Cargado y análisis de datos en SIMECELE*.

La agrupación de la información recabada con la ayuda del personal de trabajo del grupo CEASP<sup>4</sup>A al seguir la forma de organización descrita anteriormente se muestra a continuación:

**Tabla 2. Agrupación de la información recabada con apoyo del Ingeniero coordinador de Proyecto.**

<b>ETAPA.</b>	<b>CAUSAS QUE GENERAN ERRORES.</b>
<p style="text-align: center;"><b>1</b></p> <p><i>Recopilación y generación de información.</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Desconocimiento de los documentos de ingeniería requeridos para el PI-SIMECELE así como la interpretación ingenieril de cada uno de estos.                             <ul style="list-style-type: none"> <li>-Personal sin el perfil requerido.</li> </ul> </li> <li>-No se cuenta con una capacitación adecuada para los nuevos elementos.</li> <li>-Información incompleta, no actualizada o ilegible de los documentos de ingeniería proporcionados por el personal de Pemex principalmente DFP’S, DTI’S, descripción del proceso y lista de materiales.</li> <li>-Contingencias climatológicas o de seguridad en los centros de trabajo.</li> <li>-Falta de entrenamiento y capacitación del personal nuevo en la identificación y censo de circuitos.                             <ul style="list-style-type: none"> <li>-Errores de tipo humano al realizar la división de Circuitos.</li> </ul> </li> <li>-Personal de Pemex pide que se le adecue el trabajo de acuerdo a las necesidades particulares del momento y del centro de trabajo.                             <ul style="list-style-type: none"> <li>-Errores del personal al realizar la división de UC.</li> </ul> </li> <li>-Personal de Pemex solicita otros tipos de servicios no contemplados en el proyecto.</li> <li>-Falta de entrenamiento y capacitación del personal nuevo en la identificación y censo de UC.</li> </ul>
<p style="text-align: center;"><b>2</b></p> <p><i>Actualización, Digitalización y Correlación de UC.</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Falta de entrenamiento para realizar los levantamientos en campo.                             <ul style="list-style-type: none"> <li>-DTI’S no actualizados y sin especificación de material.</li> <li>-Mal levantamiento en campo de las diferentes UC.</li> </ul> </li> <li>-Personal de Pemex pide más trabajo del programado en el proyecto.</li> <li>-Falta de información o expedientes de los cambios realizados en campo que no se reflejan en DTI’S, DFP’S o algún otro documento.                             <ul style="list-style-type: none"> <li>-Versión de AutoCAD no compatible con QUT DRAW.</li> <li>-Censo de UC no actualizado.</li> </ul> </li> <li>-DTI’S no actualizados y sin especificación de material.                             <ul style="list-style-type: none"> <li>-Mal levantamiento en campo de las diferentes UC.</li> </ul> </li> <li>-Errores de omisión al momento de realizar la correlación de niveles.                             <ul style="list-style-type: none"> <li>-Falta del historial de inspecciones pasadas.</li> </ul> </li> </ul>



**Tabla 3. Agrupación de la información recabada con apoyo del Ingeniero coordinador de Proyecto. (Continuación)**

ETAPA.	CAUSAS QUE GENERAN ERRORES.
<p style="text-align: center;"><b>3</b></p> <p><i>Cargado y análisis de datos en SIMECELE.</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-No existe una capacitación adecuada para los nuevos elementos en el uso del software SIMECELE en lo referente a la captura de especificación de materiales.</li> <li>-No se cuenta con manuales de usuario de SIMECELE actualizados.</li> <li>-Fallas constantes en la red de Pemex-Refinación.</li> <li>- Etapa dependiente de toda la información recabada en la etapa 1.                         <ul style="list-style-type: none"> <li>-Diagrama de inspección técnica mal realizado.</li> <li>-Empate mal realizado.</li> </ul> </li> <li>-No existen metodologías que aseguren la correcta captura de datos.                         <ul style="list-style-type: none"> <li>-Dibujo y empate de etapas 5 y 6 mal realizado.</li> </ul> </li> <li>-No existe una capacitación adecuada para los nuevos elementos en el uso del software SIMECELE en la captura de inspecciones de la UC.</li> <li>-Incongruencia de los datos de medición de espesores proporcionado por Pemex.</li> <li>-Desconocimiento de gran parte del personal en todas las funciones del software SIMECELE.                         <ul style="list-style-type: none"> <li>-Fallas constantes en la red de la torre de Ingeniería.</li> </ul> </li> </ul>

**Tabla 4. Agrupación de la información recabada con apoyo del Ingeniero Residente.**

ETAPA.	CAUSAS QUE GENERAN ERRORES.
<p style="text-align: center;"><b>1</b></p> <p><i>Recopilación y generación de información.</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Información incompleta, no actualizada o ilegible de los documentos de ingeniería proporcionados por el personal de Pemex principalmente DFP’S, DTI’S, descripción del proceso y lista de materiales.</li> <li>-No se cuenta con una capacitación adecuada para los nuevos elementos.                         <ul style="list-style-type: none"> <li>-Fallas constantes de la red interna de Pemex.</li> </ul> </li> <li>-Inexperiencia y falta de capacitación de los nuevos elementos que se integran a los equipos de trabajo del SIMECELE.</li> <li>-Falta de entrenamiento y capacitación del personal nuevo en la identificación y censo de circuitos.                         <ul style="list-style-type: none"> <li>-Errores de tipo humano al realizar la división de Circuitos.</li> </ul> </li> <li>-Desconocimiento de los documentos de ingeniería requeridos para la división de circuitos.                         <ul style="list-style-type: none"> <li>-No se cuenta con una capacitación adecuada para los nuevos elementos.</li> </ul> </li> <li>-Falta de conocimientos de las normas en que se fundamenta el SIMECELE.                         <ul style="list-style-type: none"> <li>-Errores del personal al realizar la división de UC.</li> </ul> </li> <li>-Inexistencia de criterios para homogenizar la división de UC no contemplados en la norma.                         <ul style="list-style-type: none"> <li>-Omisión de la revisión para asegurar la correcta división de UC.</li> <li>-Mala división de circuitos que afecta la división de UC.</li> </ul> </li> </ul>

**Tabla 5. Agrupación de la información recabada con apoyo del Ingeniero Residente. (Continuación)**

ETAPA.	CAUSAS QUE GENERAN ERRORES.
<p style="text-align: center;">2</p> <p><i>Actualización, Digitalización y Correlación de UC.</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Falta de entrenamiento para realizar los levantamientos en campo.</li> <li>-Desconocimiento de la representación gráfica de asurados en líneas.</li> <li>-Omisión en los detalles de las UC al momento de levantar en campo.</li> <li>-Mala numeración de los diferentes tipos de nivel de acuerdo a la norma DG-SASIPA-IT-00204, revisión 7.               <ul style="list-style-type: none"> <li>-DTI’S no actualizados y sin especificación de material.</li> <li>-Levantamiento en campo sin detallar.</li> </ul> </li> <li>-No existe una metodología a seguir para realizar los levantamientos.               <ul style="list-style-type: none"> <li>-No existen criterios para levantar arreglos especiales.</li> <li>-Censo de UC no actualizado.</li> </ul> </li> <li>-DTI’S no actualizados y sin especificación de material.               <ul style="list-style-type: none"> <li>-Mal levantamiento en campo de las diferentes UC.</li> <li>-Levantamiento en campo sin detallar.</li> <li>-Isométrico mal digitalizado y sin actualizar.</li> </ul> </li> <li>-No se cuenta con manuales de dibujo actualizados.</li> <li>-No existen criterios para digitalizar arreglos especiales.</li> <li>-Mal estado de las computadoras asignadas al personal del SIMECELE.</li> <li>-Personal de Pemex pide más trabajo del programado en el proyecto.</li> <li>-Falta de información o expedientes de los cambios realizados en campo que no se reflejan en DTI’S, DFP’S o algún otro documento.</li> <li>-Errores de omisión al momento de realizar la correlación de niveles.               <ul style="list-style-type: none"> <li>-Censo de UC no actualizado.</li> </ul> </li> <li>-Falta del historial de inspecciones pasadas.</li> </ul>
<p style="text-align: center;">3</p> <p><i>Cargado y análisis de datos en SIMECELE.</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Desconocimiento del personal nuevo de en qué documentos encontrar la información requerida para cargar la captura de especificación de materiales en el software SIMECELE.</li> <li>-No existen metodologías que aseguren la correcta captura de datos.</li> <li>-Mal estado de las computadoras asignadas al personal del SIMECELE.               <ul style="list-style-type: none"> <li>-Diagrama de inspección técnica mal realizado.</li> <li>-Empate mal realizado.</li> </ul> </li> <li>-No siempre se asegura que las condiciones de operación sean las reales de las UC al momento de cargar la información al software.               <ul style="list-style-type: none"> <li>-No se cuenta con manuales de usuario de SIMECELE actualizados.</li> </ul> </li> <li>-No existen metodologías que aseguren la correcta captura de datos.               <ul style="list-style-type: none"> <li>-Fallas constantes en la red de la torre de Ingeniería.</li> <li>-Dibujo y empate de etapas 5 y 6 mal realizado.</li> </ul> </li> <li>-Mal estado de las computadoras asignadas al personal del SIMECELE.</li> <li>-Incongruencia de los datos de medición de espesores proporcionado por Pemex.               <ul style="list-style-type: none"> <li>-Fallas constantes en la red de Pemex-Refinación.</li> <li>-Fallas constantes en la red de la torre de Ingeniería.</li> </ul> </li> <li>-No se cuenta con manuales de usuario de SIMECELE actualizados.</li> </ul>

**Tabla 6. Agrupación de la información recabada con apoyo del Especialista Técnico 1.**

ETAPA.	CAUSAS QUE GENERAN ERRORES.
<p>1</p> <p><i>Recopilación y generación de información.</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Fallas constantes de la red interna de Pemex.</li> <li>-Desconocimiento de la organización y ubicación de los documentos de Ingeniería requeridos para el PI-SIMECELE dentro de los servidores en los centros de trabajo de Pemex-Refinación.</li> <li>-No se cuenta con una capacitación adecuada para los nuevos elementos.</li> <li>-Mal estado de las computadoras asignadas al personal del SIMECELE.</li> <li>-Contingencias climatológicas o de seguridad en los centros de trabajo.</li> <li>-Falta de conocimientos de las normas en que se fundamenta el SIMECELE.</li> <li>-Falta de entrenamiento y capacitación del personal nuevo en la identificación y censo de circuitos.</li> <li>-No comprensión de la descripción del proceso.</li> <li>-Omisión de la revisión del trabajo por parte de Pemex.</li> <li>-Errores del personal al realizar la división de UC.</li> <li>-Desconocimiento de los documentos de ingeniería requeridos para la identificación y censo de UC.</li> <li>-Información incompleta, no actualizada o ilegible de los documentos de ingeniería proporcionados por el personal de Pemex principalmente DFP'S, DTI'S, descripción del proceso y lista de materiales.</li> <li>-Inexistencia de criterios para homogenizar la división de UC no contemplados en la norma.</li> <li>-No se puede asegurar el tipo del material cuando no existe esta información en documentos.</li> <li>-Omisión de la revisión del trabajo por parte de Pemex.</li> </ul>
<p>2</p> <p><i>Actualización, Digitalización y Correlación de UC.</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Falta de entrenamiento para realizar los levantamientos en campo.</li> <li>-Falta de entrenamiento de las orientaciones en campo para los levantamientos con vistas isométricas.</li> <li>-Desconocimiento de la representación gráfica de ashurados en líneas.</li> <li>-No contar con diagramas de construcción para zonas que cuentan con aislamiento.</li> <li>-No existen criterios para levantar arreglos especiales.</li> <li>-Inaccesibilidad a las zonas de levantamiento de alto riesgo por emisión de vapores</li> <li>-Desconocimiento de la representación gráfica de ashurados en líneas.</li> <li>-Omisión en los detalles de las UC al momento de levantar en campo.</li> <li>-Falta de capacitación en el uso de AutoCAD principalmente en la paleta de herramientas QIT DRAW y las diferentes plantillas de los centros de trabajo.</li> <li>-Censo de UC no actualizado.</li> <li>-Falta de diagramas de construcción para zonas que cuentan con aislamiento.</li> <li>-Isométrico mal digitalizado y sin actualizar.</li> <li>-Los ashurados no reflejan las orientaciones reales en campo.</li> <li>-No existen criterios para digitalizar arreglos especiales.</li> <li>-Mal estado de las computadoras asignadas al personal del SIMECELE.</li> <li>-Falta del historial de inspecciones pasadas.</li> </ul>

**Tabla 7. Agrupación de la información recabada con apoyo del Especialista Técnico 1. (Continuación)**

ETAPA.	CAUSAS QUE GENERAN ERRORES.
<p style="text-align: center;"><b>3</b></p> <p><i>Cargado y análisis de datos en SIMECELE.</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Desconocimiento del personal nuevo de en qué documentos encontrar la información requerida para cargar la captura de especificación de materiales en el software SIMECELE.</li> <li style="padding-left: 20px;">-Fallas constantes en la red de la torre de Ingeniería.</li> <li>- Etapa dependiente de toda la información recabada en la etapa 1 principalmente la especificación de materiales de la planta.</li> <li>-Errores al momento de cargar las vistas de la estructura de la unidad de control.             <ul style="list-style-type: none"> <li>-Fallas constantes en la red de Pemex-Refinación.</li> <li>-Fallas constantes en la red de la torre de Ingeniería.</li> <li>-Empate mal realizado.</li> </ul> </li> <li>-No siempre se asegura que las condiciones de operación sean las reales de las UC al momento de cargar la información al software.</li> <li>-Los accesorios, coples y niples se cargan con las mismas especificaciones (diámetro, espesor nominal y límite de Retiro) de la tubería que los contiene.</li> <li>-Desconocimiento de gran parte del personal en todas las funciones del software SIMECELE             <ul style="list-style-type: none"> <li>-Dibujo y empate de etapas 5 y 6 mal realizado.</li> <li>-Mal estado de las computadoras asignadas al personal del SIMECELE.</li> </ul> </li> <li>-Mediciones incompletas de algunos niveles de medición de las diferentes UC.</li> <li>-El software no alerta cuando se está generando información incongruente.</li> <li>-No se cuenta con una gráfica de control de espesores para los niveles de medición de niplería.</li> <li>-El análisis del desgaste de los accesorios coples y niples se realiza con las mismas especificaciones (diámetro, espesor nominal y límite de Retiro) de la tubería que los contiene.</li> </ul>

**Tabla 8. Agrupación de la información recabada con apoyo del Especialista Técnico 2.**

ETAPA.	CAUSAS QUE GENERAN ERRORES.
<p>1</p> <p><i>Recopilación y generación de información.</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Inexperiencia y falta de capacitación de los nuevos elementos que se integran a los equipos de trabajo del SIMECELE.</li> <li>-Desconocimiento de la organización y ubicación de los documentos de Ingeniería requeridos para el PI-SIMECELE dentro de los servidores en los centros de trabajo de Pemex-Refinación.</li> <li>-Desconocimiento de los documentos de ingeniería requeridos para el PI-SIMECELE así como la interpretación ingenieril de cada uno de estos.</li> <li>-Información incompleta, no actualizada o ilegible de los documentos de ingeniería proporcionados por el personal de Pemex principalmente DFP’S, DTI’S, descripción del proceso y lista de materiales.</li> <li>-Falta de información o expedientes de los cambios realizados en campo que no se reflejan en DTI’S o DFP’S.</li> <li>-Omisión de la revisión para asegurar la correcta división de circuitos.</li> <li>-Omisión de la revisión del trabajo por parte de Pemex.</li> <li>-Errores del personal al realizar la división de UC.</li> <li>-Desconocimiento de los documentos de ingeniería requeridos para la identificación y censo de UC.</li> <li>-Mala división de circuitos que afecta la división de UC.</li> </ul>
<p>2</p> <p><i>Actualización, Digitalización y Correlación de UC.</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Desconocimiento del personal en los diferentes tipos de válvulas, bridas, arreglos de cóples, etc. Así como la representación gráfica de cada uno de estos.</li> <li>-Falta de entrenamiento para realizar los levantamientos en campo.</li> <li>-Falta de entrenamiento de las orientaciones en campo para los levantamientos con vistas isométricas.</li> <li>-Desconocimiento de la representación gráfica de ashurados en líneas.</li> <li>-Censo de UC no actualizado o mal realizado.</li> <li>-DTI’S no actualizados y sin especificación de material.</li> <li>-No contar con diagramas de construcción para zonas que cuentan con aislamiento.</li> <li>-Mal levantamiento en campo de las diferentes UC.</li> <li>-No existen criterios para levantar arreglos especiales.</li> <li>-Inaccesibilidad a las zonas de levantamiento, por altura o terrenos de difícil acceso</li> <li>-Inaccesibilidad a las zonas de levantamiento de alto riesgo por emisión de vapores</li> <li>-Falta de información o expedientes de los cambios realizados en campo que no se reflejan en DTI’S, DFP’S o algún otro documento.</li> <li>-Omisión en los detalles de las UC al momento de levantar en campo.</li> <li>-Los ashurados no reflejan las orientaciones reales en campo.</li> <li>-No se cuenta con manuales de dibujo actualizados.</li> <li>-No existen criterios para digitalizar arreglos especiales.</li> <li>-No existe un método para mantener la misma estética en los dibujos digitalizados.</li> </ul>

**Tabla 9. Agrupación de la información recabada con apoyo del Especialista Técnico 2. (Continuación)**

<b>ETAPA.</b>	<b>CAUSAS QUE GENERAN ERRORES.</b>
<p style="text-align: center;"><b>2</b></p> <p><i>Actualización, Digitalización y Correlación de UC.</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Mal estado de las computadoras asignadas al personal del SIMECELE.</li> <li>-Mala numeración de los diferentes tipos de nivel de acuerdo a la norma DG-SASIPA-IT-00204, revisión 7.</li> <li>-Censo de UC no actualizado.</li> <li>-El formato de Correlación de niveles no se puede consultar desde el software SIMECELE.</li> </ul>
<p style="text-align: center;"><b>3</b></p> <p><i>Cargado y análisis de datos en SIMECELE.</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-No existe una capacitación adecuada para los nuevos elementos en el uso del software SIMECELE en lo referente a la captura de especificación de materiales.                             <ul style="list-style-type: none"> <li>-Fallas constantes en la red de la torre de Ingeniería.</li> </ul> </li> <li>-No existen metodologías que aseguren la correcta captura de datos.</li> <li>-Desconocimiento de gran parte del personal en todas las funciones del software SIMECELE.</li> <li>-No existe una capacitación adecuada para los nuevos elementos en el uso del software SIMECELE en lo referente a la captura de la estructura de la UC.                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- Etapa dependiente de toda la información recabada en la etapa 1.</li> <li>-Diagrama de inspección técnica mal realizado.</li> <li>-Empate mal realizado.</li> </ul> </li> <li>-Falta de los expedientes de medición de las UC con emplazamientos, cambios de tubería, etc.                             <ul style="list-style-type: none"> <li>-Mal estado de las computadoras asignadas al personal del SIMECELE.</li> <li>-Los accesorios, coples y niples se cargan con las mismas especificaciones (diámetro, espesor nominal y límite de Retiro) de la tubería que los contiene.</li> </ul> </li> <li>-El software no alerta cuando se está generando información incongruente.                             <ul style="list-style-type: none"> <li>-Fallas constantes en la red de la torre de Ingeniería.</li> </ul> </li> <li>-No existe una capacitación adecuada para los nuevos elementos en el uso del software SIMECELE en la captura de inspecciones de la UC.                             <ul style="list-style-type: none"> <li>-Incongruencia de los datos de medición de espesores proporcionado por Pemex.</li> <li>-No existen metodologías que aseguren la correcta captura de datos.</li> </ul> </li> <li>-No se cuenta con una gráfica de control de espesores para los niveles de medición de niplería.                             <ul style="list-style-type: none"> <li>-No se cuenta con manuales de usuario de SIMECELE actualizados.</li> </ul> </li> <li>-El análisis del desgaste de los accesorios coples y niples se realiza con las mismas especificaciones (diámetro, espesor nominal y límite de Retiro) de la tubería que los contiene.</li> </ul>

**Tabla 10. Agrupación de la información recabada con apoyo del Especialista Técnico 3.**

ETAPA.	CAUSAS QUE GENERAN ERRORES.
<p style="text-align: center;"><b>1</b></p> <p><i>Recopilación y generación de información.</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Desconocimiento de la organización y ubicación de los documentos de Ingeniería requeridos para el PI-SIMECELE dentro de los servidores en los centros de trabajo de Pemex-Refinación.</li> <li>-Fallas constantes de la red interna de Pemex.</li> <li>-Mal estado de las computadoras asignadas al personal del SIMECELE.</li> <li>-Dificultad para el acceso a los centros de trabajo.</li> <li>-Contingencias climatológicas o de seguridad en los centros de trabajo.</li> <li>-Falta de criterios para organizar la información recabada en los servidores de la torre de Ingeniería.</li> <li>-Falta de conocimientos de las normas en que se fundamenta el SIMECELE.</li> <li>-Falta de entrenamiento y capacitación del personal nuevo en la identificación y censo de circuitos.             <ul style="list-style-type: none"> <li>-No entendimiento de la descripción del proceso.</li> <li>-Errores de tipo humano al realizar la división de Circuitos.</li> </ul> </li> <li>-Fallas constantes de la red interna en la Torre de Ingeniería UNAM.</li> <li>-Información incompleta, no actualizada o ilegible de los documentos de ingeniería proporcionados por el personal de Pemex principalmente DFP’S, DTI’S, descripción del proceso y lista de materiales.</li> <li>-Omisión de la revisión para asegurar la correcta división de circuitos.             <ul style="list-style-type: none"> <li>-Errores del personal al realizar la división de UC.</li> </ul> </li> <li>-Desconocimiento de los documentos de ingeniería requeridos para la identificación y censo de UC.</li> <li>-Información incompleta, no actualizada o ilegible de los documentos de ingeniería proporcionados por el personal de Pemex principalmente DFP’S, DTI’S, descripción del proceso y lista de materiales.             <ul style="list-style-type: none"> <li>-Incorrecta división de Circuitos que afectará la división de UC.</li> </ul> </li> <li>-Inexistencia de criterios para homogenizar la división de UC no contemplados en la norma.             <ul style="list-style-type: none"> <li>-Omisión de la revisión para asegurar la correcta división de UC.</li> </ul> </li> <li>-No se puede asegurar el tipo del material cuando no existe esta información en documentos.</li> </ul>
<p style="text-align: center;"><b>2</b></p> <p><i>Actualización, Digitalización y Correlación de UC.</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Falta de entrenamiento de las orientaciones en campo para los levantamientos con vistas isométricas.</li> <li>-No contar con diagramas de construcción para zonas que cuentan con aislamiento.             <ul style="list-style-type: none"> <li>-No existen criterios para levantar arreglos especiales.</li> </ul> </li> <li>-Los permisos para ingresar a las instalaciones no siempre están actualizados.             <ul style="list-style-type: none"> <li>-El tiempo proyectado para realizar el trabajo en campo por lo general es insuficiente.</li> </ul> </li> <li>-Contingencias climatológicas o de seguridad en los centros de trabajo.</li> <li>-Instalaciones dañadas, como son escaleras, rampas, etc. Que impiden entrar a las zonas de levantamiento.</li> </ul>

**Tabla 11. Agrupación de la información recabada con apoyo del Especialista Técnico 3. (Continuación)**

ETAPA.	CAUSAS QUE GENERAN ERRORES.
<p style="text-align: center;">2</p> <p><i>Actualización, Digitalización y Correlación de UC.</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Inaccesibilidad a las zonas de levantamiento de alto riesgo por emisión de vapores</li> <li>-Falta de información o expedientes de los cambios realizados en campo que no se reflejan en DTI'S, DFP'S o algún otro documento.               <ul style="list-style-type: none"> <li>-Desconocimiento de la representación gráfica de ashurados en líneas.</li> </ul> </li> <li>-Falta de capacitación en el uso de AutoCAD principalmente en la paleta de herramientas QIT DRAW y las diferentes plantillas de los centros de trabajo.               <ul style="list-style-type: none"> <li>-Archivos de dibujo no compatibles con las PC's de Pemex.</li> <li>-DTI'S no actualizados y sin especificación de material.</li> </ul> </li> <li>-Falta de diagramas de construcción para zonas que cuentan con aislamiento.               <ul style="list-style-type: none"> <li>-Mal levantamiento en campo de las diferentes UC.</li> <li>-Levantamiento en campo sin detallar.</li> </ul> </li> <li>-Los ashurados no reflejan las orientaciones reales en campo.               <ul style="list-style-type: none"> <li>-No existen criterios para digitalizar arreglos especiales.</li> </ul> </li> <li>-No existe un método para mantener la misma estética en los dibujos digitalizados.</li> <li>-Mal estado de las computadoras asignadas al personal del SIMECELE.               <ul style="list-style-type: none"> <li>-Falta del historial de inspecciones pasadas.</li> </ul> </li> <li>-El formato de Correlación de niveles no se puede consultar desde el software SIMECELE.</li> </ul>
<p style="text-align: center;">3</p> <p><i>Cargado y análisis de datos en SIMECELE.</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Desconocimiento del personal nuevo de en qué documentos encontrar la información requerida para cargar la captura de especificación de materiales en el software SIMECELE.               <ul style="list-style-type: none"> <li>-Mal estado de las computadoras asignadas al personal del SIMECELE.</li> </ul> </li> <li>-Errores al momento de cargar las vistas de la estructura de la unidad de control.               <ul style="list-style-type: none"> <li>-Fallas constantes en la red de Pemex-Refinación.</li> <li>-Diagrama de inspección técnica mal realizado.</li> <li>-Empate mal realizado.</li> </ul> </li> <li>-No siempre se asegura que las condiciones de operación sean las reales de las UC al momento de cargar la información al software.</li> <li>-Falta de los expedientes de medición de las UC con emplazamientos, cambios de tubería, etc.               <ul style="list-style-type: none"> <li>-Mal estado de las computadoras asignadas al personal del SIMECELE.</li> </ul> </li> <li>-Los accesorios, coples y niples se cargan con las mismas especificaciones (diámetro, espesor nominal y límite de Retiro) de la tubería que los contiene.               <ul style="list-style-type: none"> <li>-No se cuenta con manuales de usuario de SIMECELE actualizados.</li> </ul> </li> <li>-El software no alerta cuando se está generando información incongruente.</li> <li>-No existe una capacitación adecuada para los nuevos elementos en el uso del software SIMECELE en la captura de inspecciones de la UC.               <ul style="list-style-type: none"> <li>-Mal estado de las computadoras asignadas al personal del SIMECELE.</li> </ul> </li> </ul>



**Tabla 12. Agrupación de la información recabada con apoyo del Especialista Técnico 3. (Continuación)**

<b>ETAPA.</b>	<b>CAUSAS QUE GENERAN ERRORES.</b>
3  Cargado y análisis de datos en SIMECELE.	-Incongruencia de los datos de medición de espesores proporcionado por Pemex. -Mediciones incompletas de algunos niveles de medición de las diferentes UC. -Omisión del personal de Pemex y grupo CEASP4A en la revisión y validación de la información generada por el software SIMECELE.

Esta forma de agrupación es muy adecuada para el manejo de la información recabada en el punto 2.2 (Recopilación de la información necesaria para el diagnóstico), pues al emplear esta agrupación por bloques se evita la repetitividad de las causas de error por ejemplo:

En las etapas siete, ocho, nueve y diez la mayoría de los entrevistados mencionaron como causa de error el mal estado de las computadoras asignadas al personal del SIMECELE y al manejar estas etapas en un solo bloque, es suficiente mencionar solo una vez.

## **CAPÍTULO III - ANÁLISIS DE LAS CAUSAS QUE GENERAN ERRORES Y FALLAS DURANTE EL PROCESO DE IMPLEMENTACIÓN DEL SIMECELE.**

### **3.1 Espinas de pescado.**

Una vez realizada la agrupación de la información, el siguiente paso es el análisis formal de las causas que generan errores y fallas durante el proceso de implementación del SIMECELE.

Para esto toda la información recabada y agrupada durante el desarrollo de esta tesis es analizada a detalle por medio de la herramienta de Espina de pescado de Ishikawa.

Esta herramienta de diagnóstico permite tipificar la información recabada lo que da oportunidad de generar las bases para una posterior propuesta de estrategia de soluciones.

Las primeras dos espinas de pescado (figuras 45 y 46) están compuestas por seis causas de errores que permiten la tipificación de la información, estas son:

- Personal de trabajo.
- Maquinaria o equipo.
- Información requerida.
- Técnica o método.
- Medio ambiente.
- Otros.

El último diagrama (figura 47) se conforma de cuatro causas, las cuales son:

- Personal de trabajo
- Maquinaria o equipo.
- Información requerida.
- Técnica o método.

En las espinas al comienzo de cada subcausa de error se muestran unos números encerrados entre paréntesis, estos números hacen referencia puntual a la etapa del proceso de implementación del SIMECELE donde ocurre la causa de error, por ejemplo:

En el diagrama “*Mala recopilación y generación de la información*” en la espina correspondiente a “*Información requerida*” la causa “*Falta de información en expedientes de los cambios realizados en campo que no se reflejan en DTI’S o DFP’S*” se antepone los números 1-3, esto significa que la subcausa de error afecta directamente en las etapas uno, dos y tres del proceso de implementación del SIMECELE.

Los diagramas de espina de pescado resultantes se muestran a continuación.

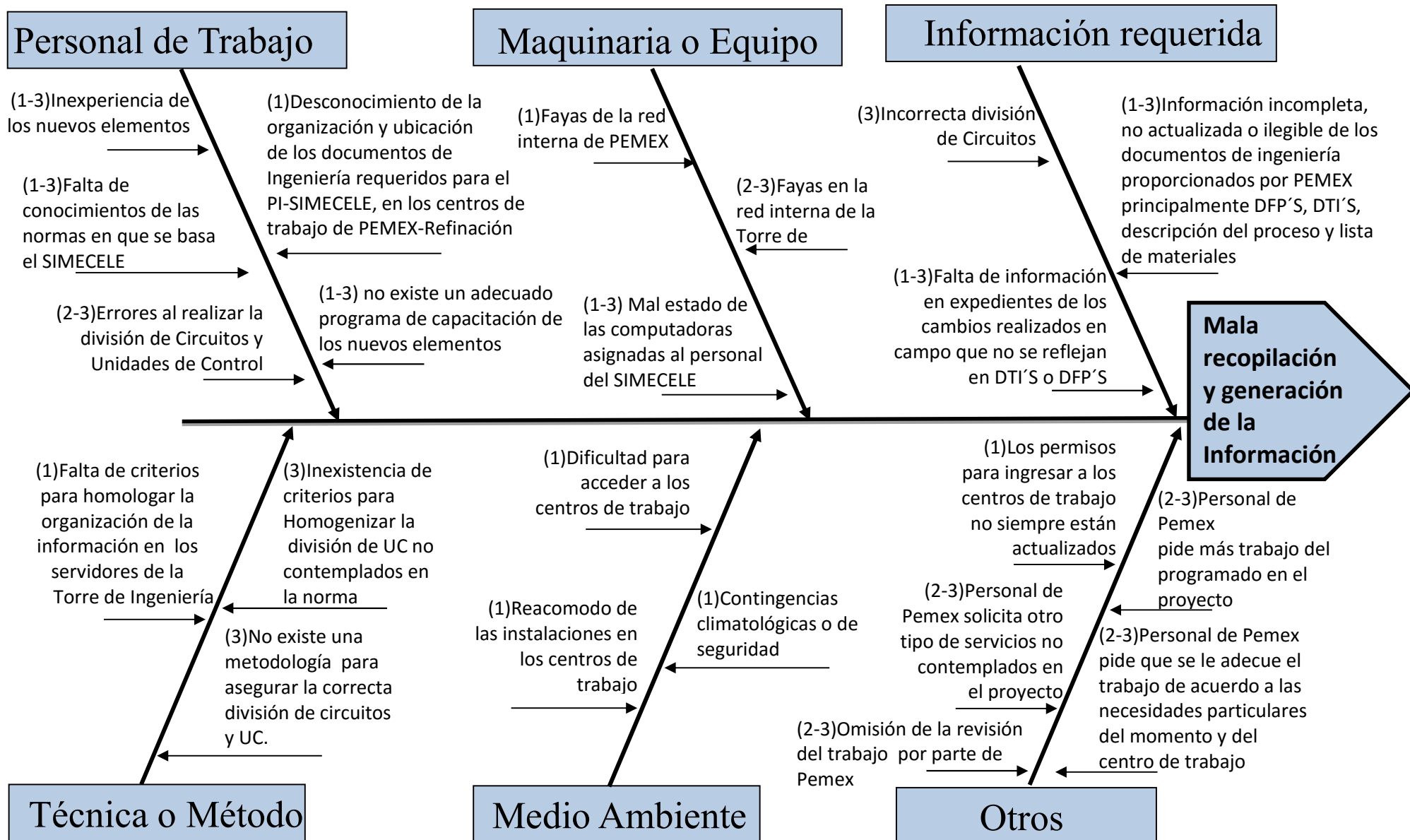


Figura 45. Diagrama Causa y efecto de Ishikawa correspondiente al Bloque 1.

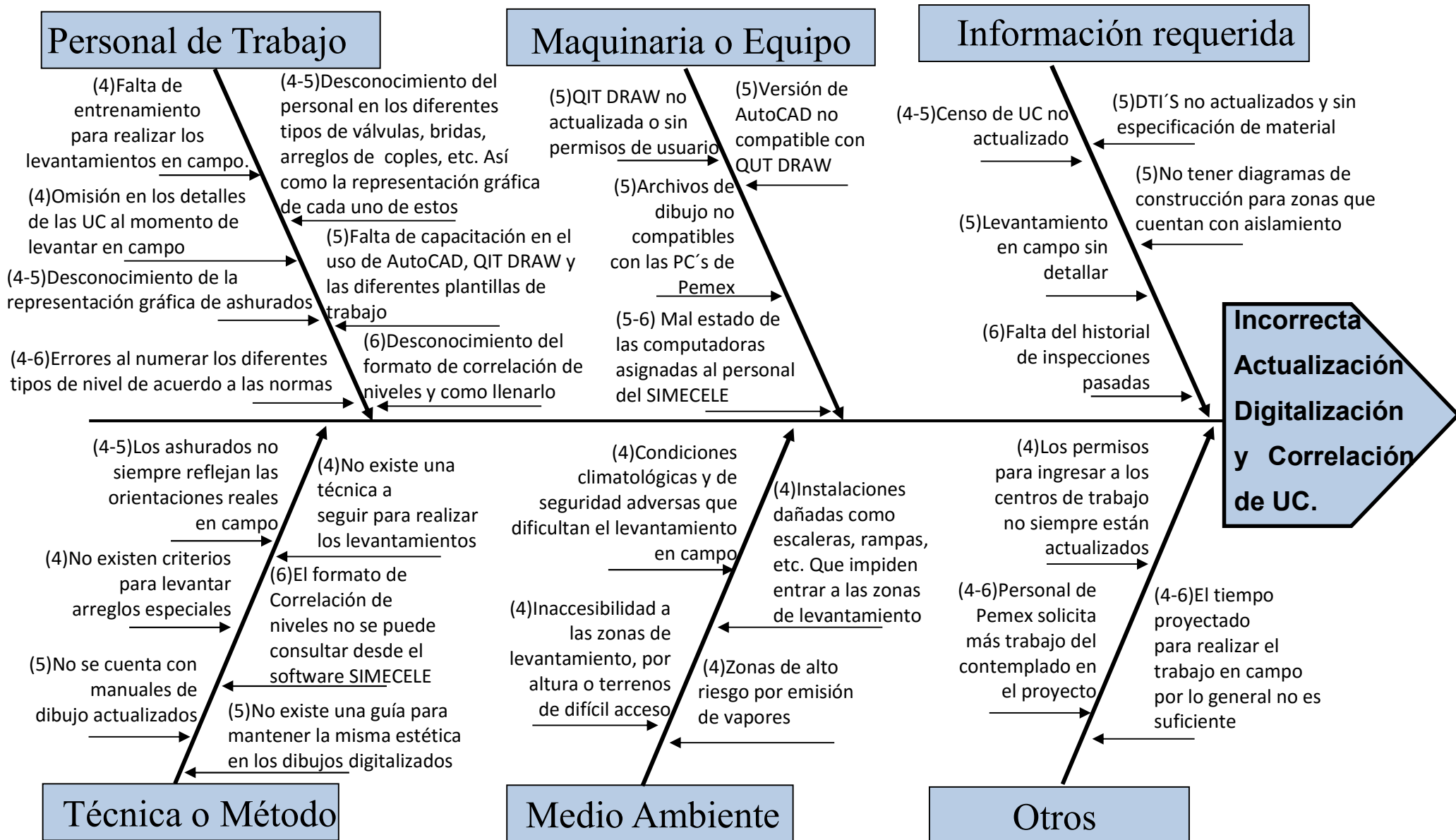


Figura 46. Diagrama Causa y efecto de Ishikawa correspondiente al Bloque 2.

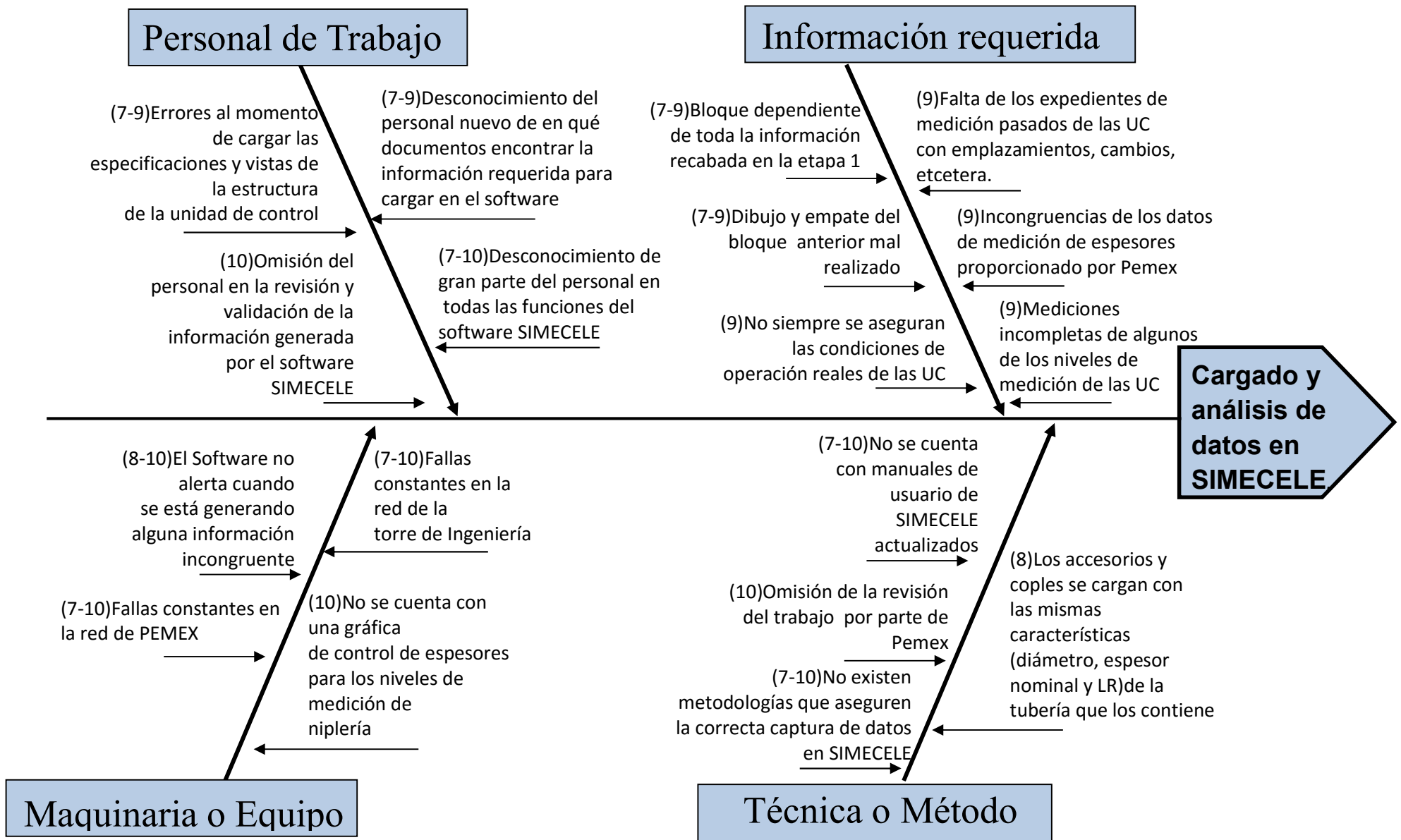


Figura 47. Diagrama Causa y efecto de Ishikawa correspondiente al Bloque 3.

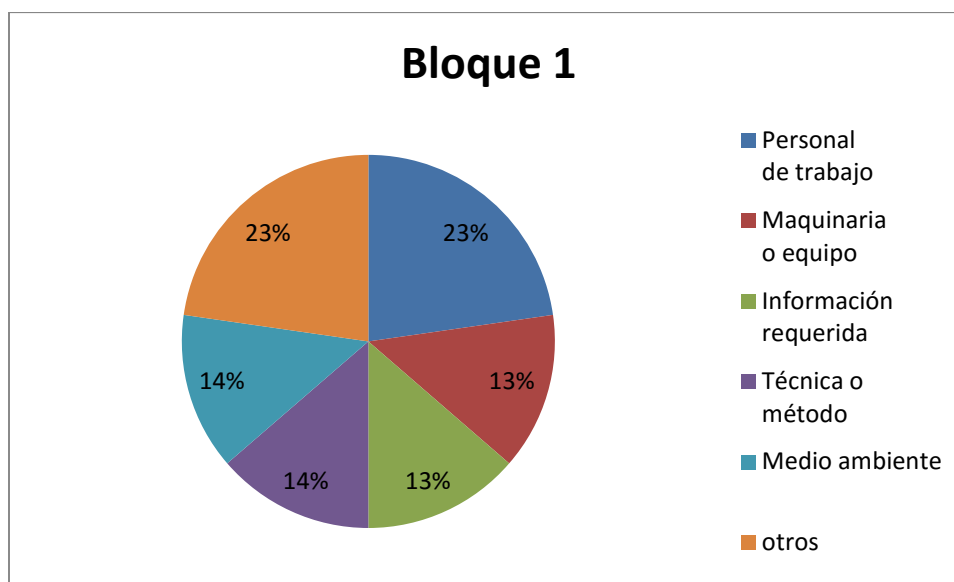
### 3.2 Análisis de los diagramas de causa y efecto de Ishikawa.

Como se puede ver en los diagramas de espinas de pescado, el proceso de implementación del SIMECELE presenta grandes oportunidades de mejora en las seis causas básicas en que tipifiqué cada una de estas.

En total fueron detectadas con el apoyo del personal de grupo CEASP<sup>4</sup>A, un total de 69 sub-causas que conllevan a generar errores y fallas durante el proceso de implementación del SIMECELE.

#### 3.2.1 Análisis del Bloque 1.

En el primer bloque de Recopilación y Generación de la información se encontraron un total de 22 sub-causas de errores (figura 48) distribuidas mediante su tipificación de la siguiente manera.



**Figura 48. Distribución porcentual de errores en el bloque 1.**

Como se puede apreciar en la figura 48 el personal de trabajo, junto a “otros”, son las causas dominantes que generan errores durante la implementación de este primer bloque con un 23% cada uno. La primera causa, personal de trabajo, al

conformarse de sub-causas como la inexperiencia del nuevo personal, errores al realizar divisiones de circuito y unidades de control además del desconocimiento de este nuevo personal en las normas y formas de trabajo en que se sustenta el SIMECELE, son una consecuencia directa del deficiente programa de capacitación al cual son sometidos los nuevos elementos del grupo CEASP<sup>4</sup>A y a la inexistencia de programas de mejora y capacitación continua al personal ya existente.

La causa “otros”, es un conjunto de sub-causas que de acuerdo con su naturaleza no encajan directamente en ninguna de las otras cinco causas primarias en que tipifico la información recabada. Algunas de estas causas generan errores durante la implementación del SIMECELE, pero no recaen directamente dentro de las responsabilidades del grupo CEASP<sup>4</sup>A, como la omisión de la revisión por parte de Pemex y el que Pemex solicite más trabajo y de otro tipo no contemplado en el proyecto. Sin embargo, esto no aminora las consecuencias que se tienen al momento de asegurar la confiabilidad del trabajo realizado por el personal de la UNAM, a esto también hay que agregar que el proyecto cuenta con un límite de tiempo de duración y que realizar más trabajo del programado o de otro tipo, afecta directamente en los tiempos y formas de entrega en que el proyecto debe ser realizado.

La técnica o método, junto con el Medio ambiente dan lugar a un 14% cada uno de las causas que generan errores durante la implementación de este primer bloque, en la técnica o método se generan errores debido a la inexistencia de criterios que dicten los pasos a seguir al momento de recabar la información y a la inexistencia de protocolos que ayuden a homologar la división de unidades de control no contemplados en la norma.

El medio ambiente por su parte, se refiere a todos los alrededores y ambientes que conforman las zonas donde el trabajo es realizado y no solamente al clima en general, esta es una causa que también queda fuera de las responsabilidades del grupo CEASP<sup>4</sup>A, pero al ser recabada la información directamente en los centros

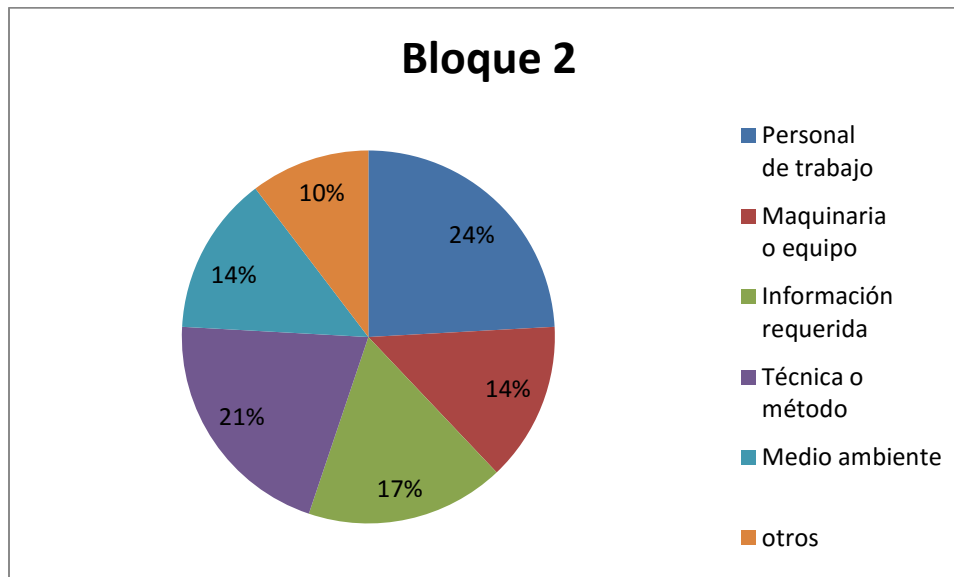


de trabajo de Pemex-Refinación, implica trasladar al personal de la UNAM a diferentes zonas del país, principalmente las zonas costeras, donde pueden existir condiciones climatológicas adversas como huracanes o lluvias tropicales que generan un alto riesgo para la integridad física del personal de la UNAM al momento de su traslado e ingreso a los centros de trabajo, a esto también hay que agregar que en ocasiones han surgido contingencias de seguridad en las refinerías y terminales de almacenamiento y reparto, todo lo anterior disminuye la efectividad del trabajo realizado al momento de recabar la información necesaria para la implementación del SIMECELE.

Por su parte la Maquinaria y equipo junto con la Información requerida engloban un 13% cada uno de las causas que generan errores y fallas durante la implementación de este primer bloque. Es de esperar que estas causas sean las de menor porcentaje en este punto, pues las tecnologías no juegan un papel predominante en esta parte del proceso de implementación del SIMECELE; Además, recabar la información es uno de los objetivos buscados en este bloque y la información que se genera es muy poca. Sin embargo la información que debe ser proporcionada por Pemex-Refinación es la parte medular del proceso de implementación del SIMECELE, y al ser este un proceso encadenado, la ausencia de algunas partes de la información afectará directamente a todos los demás bloques.

### **3.2.2 Análisis del Bloque 2.**

En el segundo bloque llamado Actualización Digitalización y Correlación de UC. Existen 29 subcausas que conllevan a generar errores y fallas durante su implementación, las cuales de acuerdo con su naturaleza están repartidas porcentualmente de la siguiente manera (figura 49).



**Figura 49. Distribución porcentual de errores en el bloque 2.**

En este segundo bloque de implementación el Personal de trabajo representa nuevamente la primera causa que genera errores y fallas con un 24%, esto es debido a la falta de capacitación y programas de entrenamientos inadecuados para realizar los levantamientos en campo y la digitalización los isométricos necesarios para la inspección técnica por medio del software AutoCAD, como en el primer bloque la capacitación sigue jugando un papel predominante para evitar consecuencias no deseadas.

La segunda causa de errores es la Técnica o método, la cual da origen a un 21% de los errores durante la implementación de este bloque, esto es debido a que en este punto no se cuentan con protocolos a seguir para asegurar la fiabilidad del trabajo realizado, lo anterior ocurre principalmente al realizar los levantamientos en campo, pues gran parte del personal nuevo no sabe identificar los diferentes tipos de válvulas, accesorios de tubería, niplerías, etc. Esto genera que cada integrante del grupo CEASP<sup>4</sup>A realice los levantamientos a su entendimiento personal sin seguir una técnica bien definida, además, el manual de dibujo que debería ser una guía y un apoyo necesario debido a la deficiente capacitación en la digitalización de las unidades de control por medio del software AutoCAD, no

presenta las actualizaciones, cambios y mejoras que se realizan cada determinado tiempo a la herramienta QIT DRAW.

La Información requerida corresponde al tercer lugar con un 17%, en este bloque la información que se necesita es la generada y recabada en el primer bloque y al ser la implementación del SIMECELE un proceso encadenado, la mala generación y recopilación de esta, afecta directamente en este bloque y el siguiente, por tal motivo se debe de tratar de asegurar contar con toda la información que debe de ser recabada en el bloque 1.

La Maquinaria y equipo y el Medio ambiente, representan un 14% cada uno de las causas que generan errores y fallas en este segundo bloque de implementación. En este punto la mitad del trabajo es realizado con equipo de cómputo específicamente al realizar la digitalización en AutoCAD de las unidades de control y si estas computadoras no funcionan adecuadamente o las licencias de trabajo de AutoCAD y la QIT DRAW caducan al momento de estar trabajando en los centros de trabajo de Pemex-Refinación, el trabajo sufrirá retrasos, por tal motivo se debe de prestar especial atención al buen funcionamiento de los equipos de cómputo y a contar con las licencias pertinentes durante todo el periodo de duración del proyecto.

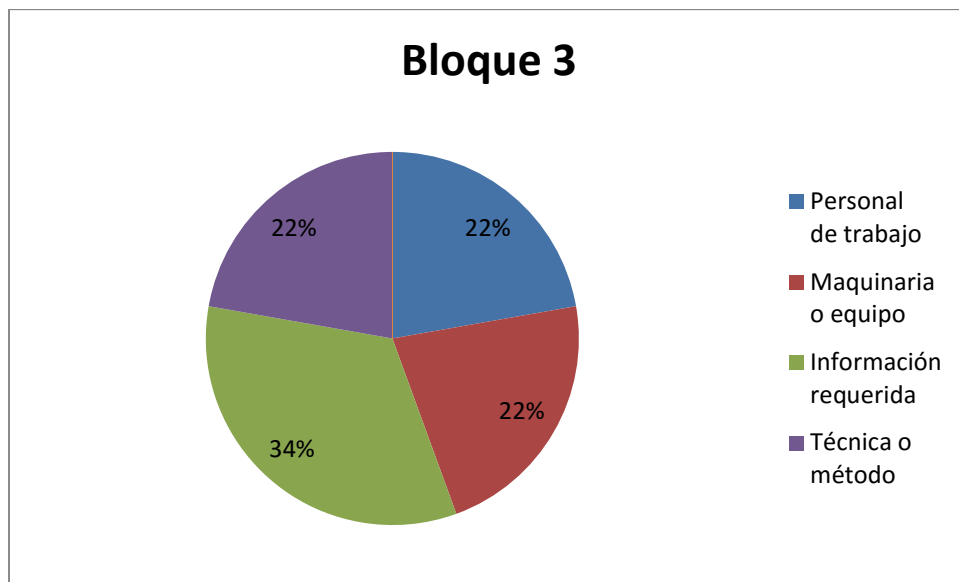
Como en el bloque anterior el Medio ambiente escapa de las responsabilidades del personal de la UNAM y en este bloque conforma el 10% de las causas que generan fallas durante la actualización, digitalización y correlación de unidades de control, esto es debido a que los levantamientos de las unidades de control son realizados directamente en campo y existe una directa dependencia entre el medio ambiente y los tiempos designados al trabajo en campo, esto se debe a que los protocolos de seguridad internos de los centros de trabajo de Pemex-Refinación dictan que si las condiciones climatológicas no son las favorables para realizar el trabajo en campo o existen contingencias de seguridad, el trabajo tendrá que ser pospuesto hasta que las condiciones sean las favorables para retomar las

actividades, lo anterior genera retrasos y afectará en el tiempo programado de duración del proyecto.

Por último “Otros” representa el 10% de las causas que generan errores al momento ejecutar el segundo bloque del proceso de implementación del SIMECELE y como en el bloque anterior, nuevamente causas como el que Pemex solicite más trabajo del acordado y de diferente tipo, afecta en los tiempos designados en que el trabajo debe ser realizado.

### 3.2.3 Análisis del Bloque 3.

En el tercer y último bloque que nombro Cargado y Análisis de Datos en SIMECELE, existen 18 subcausas que generan errores durante su implementación, estas están repartidas porcentualmente de la siguiente manera (figura 50).



**Figura 50. Distribución porcentual de errores en el bloque 3.**

A diferencia de los bloques anteriores, en este tenemos en primer lugar la Información requerida con un 34% de las causas generadoras de errores, debido a que en este punto del proceso de implementación del SIMECELE todas las actividades giran alrededor del trabajo realizado propiamente en el software y es aquí donde toda la información que se recabó y se generó en los bloques anteriores es ingresada al programa para poder realizar la administración de la integridad mecánica y el análisis estadístico formal del desgaste las diferentes unidades de control, por tal motivo la información requerida juega un papel preponderante en este bloque, pues si la información que se ingresa al software no es confiable o es incorrecta, no se podrá garantizar la veracidad de los datos arrojados por el software después de realizar el análisis de la medición de espesores. A esto también hay que agregar que las inspecciones hechas en campo, son realizadas por el personal calificado de Pemex-Refinación, estas inspecciones juegan un papel vital para realizar el análisis estadístico del desgaste de las unidades de control pues aunque toda la información que se generó y recabó en bloques anteriores esté correcta, si estas mediciones no reflejan verazmente lo que se tiene en planta, todo el análisis realizado por el software será incorrecto.

En este bloque, la totalidad del trabajo es realizado propiamente en el software SIEMCELE, por tal motivo, las tecnologías como equipos de cómputo, redes de trabajo y el propio software, juegan uno de los papeles más importantes en el cargado y análisis de datos en SIMECELE, lo anterior conforma el 22% de las subcausas generadoras de errores, lo anterior muestra la importancia de mantener las computadoras en óptimo estado, pues si estas están dañadas o sufren descomposturas es imposible continuar con el trabajo, el cual tendrá que ser pospuesto hasta que sean reparadas, la consecuencia es que se generan retrasos en los tiempos de trabajo programados en el proyecto.

Por su parte, al ser administrada la información de las diferentes unidades de control por medio de servidores, las redes de trabajo deben de estar en buen

estado, pues en caso de fallar no será posible acceder a la información requerida por el software.

Por último el software SIEMCELE presenta grandes oportunidades de mejora debido a que los accesorios y niplerías se cargan con las mismas especificaciones de diseño que la tubería que los contiene y no con las propias de diseño, esto es una clara causa de errores, pues aunque las inspecciones en campo sean realizadas correctamente, al ser comparadas contra los parámetros de diseño mal especificados de las niplerías y accesorios, se reportarán engrosamientos o emplazamientos incorrectos que afectan a la toma de decisiones.

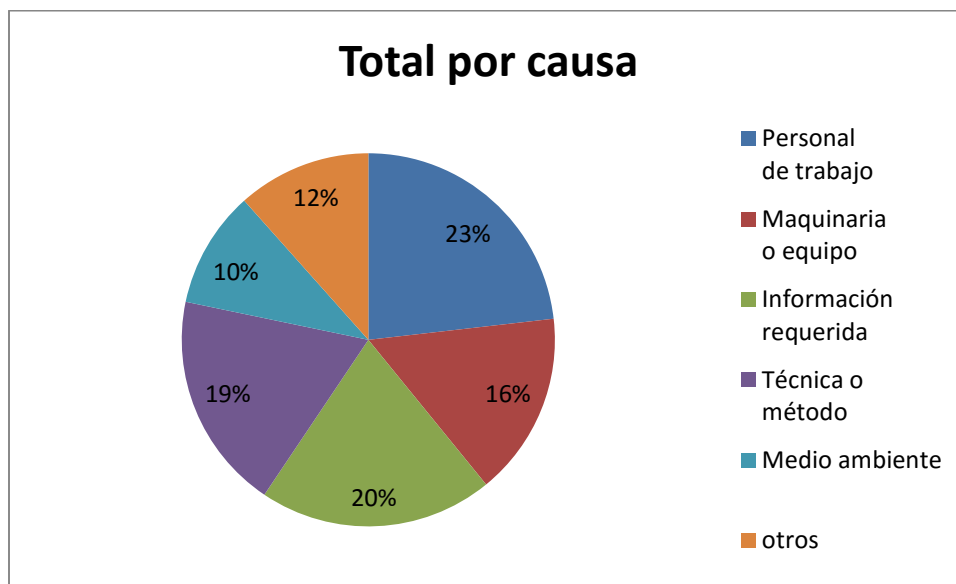
En este tercer bloque el Personal de trabajo y la Técnica o método representan el 22% cada uno de las causas que generan errores y fallas durante la implementación del SIMECELE.

Como se aprecia en la figura 50 nuevamente el personal de trabajo juega un papel principal al momento de generar errores cuando realiza el trabajo, lo cual sigue siendo una consecuencia directa del deficiente programa de capacitación, en el cual, no se enseña al personal nuevo de manera adecuada, todas las características y funciones del software SIMICELE, además de cómo ingresar correctamente la información y realizar un adecuado análisis de la información arrojada por software. Debo hacer especial mención de que no solo el personal nuevo desconoce las diferentes funciones del SIMECELE, también hay elementos del grupo CEASP<sup>4</sup>A que a pesar de haber laborado en más de un proyecto solo conocen las funciones básicas del software, esto se debe a que el SIMECELE está en un proceso constante de mejora, por tal motivo, sufre cambios y actualizaciones a determinados periodos de tiempo, los cuales no son enseñados a la gran mayoría del personal de la UNAM ya existente en el grupo.

Por último la Técnica o método presenta grandes deficiencias al no contarse con manuales de usuario de SIMECELE actualizados, ni criterios para asegurar un correcto cargado de la información en el software o un protocolo a seguir para asegurar un correcto análisis de la información arrojada por el software.

### 3.2.4 Análisis global.

Para finalizar en la imagen 51 muestro la forma en la que están divididas porcentualmente las 69 subcausas que generan errores y fallas durante todo el proceso de implementación del SIMECELE.



**Figura 51. Distribución porcentual del total de errores.**

Como se puede apreciar en la figura 51, el Personal de trabajo representa el sector donde tienen origen la mayoría de las subcausas que generan errores y fallas durante el proceso de implementación del SIMECELE con un 23%, esto, como quedó explicado en el análisis de los bloques anteriores, se debe al deficiente programa de capacitación al que son sometidos los nuevos elementos que se integran al grupo CEASP<sup>AA</sup> y a la inexistencia de programas de capacitación constante para el personal ya existente en lo que son las diferentes mejoras y cambios en las formas y herramientas de trabajo.

La segunda causa que genera la mayoría de las subcausas que conlleva a generar errores es la Información requerida, la cual representa el 20%, esto se debe a que el personal de la UNAM depende en una gran medida de que Pemex-

Refinación pueda facilitar toda la información que se requiere para el proceso de implementación del SIMECELE.

En tercer lugar en orden descendiente se encuentra la Técnica o método, como se expuso más arriba la falta de criterios y directrices que indiquen los procedimientos de cómo llevar a cabo el trabajo generan el 19% de las causas que generan errores y fallas durante la implementación del SIMECELE.

El cuarto lugar le corresponde a la Maquinaria o equipo con un total de 16% de las subcausas generadoras de errores, es claro que el proceso de implementación depende de equipos y tecnologías informáticas para alcanzar sus objetivos y el mal estado de estos afectaran de una manera importante dicho proceso de implementación.

En “Otros”, recaen el 12% de las subcausas generadoras de errores al momento de implementar el SIEMCELE, el motivo más recurrente en esa causa de acuerdo al análisis de los bloques, es que el personal de Pemex-Refinación solicita mayores cantidades de trabajo y en ocasiones de diferente tipo al acordado originalmente al inicio del proyecto, estos son motivos que claramente quedan fuera de las responsabilidades del personal de la UNAM, pero no por esto pueden ser tomadas como justificaciones validas cuando no se cumplen en tiempo y forma los avances en el proyecto.

Por último el Medio ambiente reporta el 10% de las subcausas generadoras de errores, argumentos como las malas condiciones meteorológicas, fallas de seguridad, dificultad para llegar a las zonas de trabajo por el mal estado de las instalaciones, etc. Son factores que repercuten de una manera negativa en la calidad del trabajo que se realiza propiamente en los centros de trabajo de Pemex-Refinación.



## CAPÍTULO IV - PROPUESTA DE ESTRATEGIAS DE MEJORA AL PROCESO DE IMPLEMENTACIÓN DEL SIMECELE.

Una vez obtenido el diagnóstico de las causas que generan errores y fallas durante el proceso de implementación del SIMECELE mediante el análisis y tipificación de éstas, con ayuda de la herramienta “Espina de pescado de Ishikawa”, se cuenta con toda la información necesaria para generar las estrategias que en teoría resolverán la mayoría de los problemas detectados.

Las propuestas de mejora que se proponen se realizan con base a los bloques de agrupación de la información y se relacionan con la tipificación de cada una de las causas primarias que generan errores y fallas durante la implementación del SIMECELE.

**Tabla 13. Estrategias de mejora al proceso de implementación del SIMECELE  
Bloque 1.**

<b>Bloque 1. Recopilación y Generación de la Información.</b>	
<b>Causa de error.</b>	<b>Estrategia de mejora</b>
<b>Personal de trabajo</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>-Se recomienda capacitar a los nuevos elementos en cuál es el objetivo del SIMECELE y todas las funciones que lo involucran.</li><li>-Se sugiere capacitar a los nuevos elementos en los documentos de ingeniería necesarios para el proceso de implementación del SIMECELE y la interpretación ingenieril de cada uno de estos.</li><li>-Se recomienda capacitar al nuevo personal en las 6 normas en que se fundamenta el SIMECELE.</li><li>-Se recomienda capacitar al personal de nuevo ingreso en el proceso de división de circuitos y unidades de control.</li></ul>

**Tabla 14. Estrategias de mejora al proceso de implementación del SIMECELE. Bloque 1. (Continuación)**

<b>Bloque 1. Recopilación y Generación de la Información.</b>	
<b>Causa de error.</b>	<b>Estrategia de mejora</b>
<b>Maquinaria o equipo.</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Se sugiere garantizar el correcto funcionamiento de los equipos de cómputo necesarios para el personal de trabajo.</li> <li>-Se sugiere buscar tener un correcto funcionamiento de la red interna en la torre de ingeniería.</li> </ul>
<b>Información requerida.</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-En el programa de capacitación se debe prestar especial atención a la parte de división de circuitos y UC.</li> <li>-Se recomienda generar programas de trabajo adicionales cuando la información requerida no es debidamente proporcionada por Pemex.</li> </ul>
<b>Técnica o método.</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Se recomienda generar un criterio para organizar toda la información recabada y generada, la cual será almacenada en los servidores de la torre de ingeniería. Esta metodología deberá ser aplicada por todo el personal del SIMECELE.</li> <li>-Se recomienda generar criterios para la división de UC. No contempladas en norma.</li> </ul>
<b>Otros.</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Se propone de contar con todos los permisos de ingreso a los centros de trabajo firmados y autorizados.</li> <li>-Al momento de estimar el tiempo de duración del proyecto se deben contemplar un periodo extra debido a los trabajos no contemplados que pueden ser solicitados por Pemex.</li> </ul>

**Tabla 15. Estrategias de mejora al proceso de implementación del SIMECELE  
Bloque 2.**

<b>Bloque 2. Recopilación y Generación de la Información.</b>	
<b>Causa de error.</b>	<b>Estrategia de mejora</b>
<b>Personal de trabajo</b>	<p>-Se propone capacitar a todos los elementos de nuevo ingreso en los diferentes tipos de válvulas, coples, bridas y la representación gráfica de cada uno de estos.</p> <p>-Se propone contar con un adecuado programa de entrenamiento para realizar levantamientos detallados en campo.</p> <p>-En el programa de entrenamiento se recomienda contar con una sección dedicada a la digitalización de las unidades de control con ashurados y en el uso y funciones de la paleta QIT DRAW.</p> <p>-Se recomienda enseñar a los nuevos elementos la forma correcta de enumerar los niveles de medición de acuerdo a la norma DG-SASIPA-IT-00204, revisión 7.</p> <p>-Se sugiere mostrar al nuevo personal la forma correcta de realizar la correlación de niveles y como llenar el respectivo formato.</p>
<b>Maquinaria o equipo.</b>	<p>-las computadoras preferentemente deben contar con la versión más reciente y licencias de la herramienta de trabajo QIT DRAW.</p> <p>-Se sugiere asegurar el buen funcionamiento de los equipos de cómputo.</p> <p>-Los equipos de cómputo idealmente deben tener instalado el programa AutoCAD</p>

**Tabla 16. Estrategias de mejora al proceso de implementación del SIMECELE Bloque 2 (Continuación).**

<b>Bloque 2. Recopilación y Generación de la Información.</b>	
<b>Causa de error.</b>	<b>Estrategia de mejora</b>
<b>Información requerida.</b>	-Se recomienda contar con la mayor parte o la totalidad de la información requerida en este bloque.
<b>Técnica o método.</b>	-Los ashurados preferentemente deben reflejar la tendencia real de la orientación en campo de las unidades de control. -Se sugiere generar una metodología con la finalidad de mantener la misma estética en los dibujos digitalizados. -Se recomienda generar guías de dibujo actualizadas y detalladas que muestren las últimas actualizaciones en la paleta QIT DRAW. -El formato de correlación de niveles preferentemente debe de poder ser consultado desde el software SIMECELE. -Se sugiere generar una técnica a seguir para asegurar el correcto levantamiento de las UC.
<b>Medio Ambiente.</b>	-En casos de contingencias ambientales, de seguridad o inaccesibilidad se recomienda contar con programas que mitiguen los efectos en el trabajo a realizar en campo.
<b>Otros</b>	-Se propone contar con los permisos de acceso a los centros de trabajo firmados y autorizados. -Se debe de dar un margen de holgura al tiempo designado para la realización de los levantamientos en campo.

**Tabla 17. Estrategias de mejora al proceso de implementación del SIMECELE  
Bloque 3.**

<b>Bloque 3. Recopilación y Generación de la Información.</b>	
<b>Causa de error.</b>	<b>Estrategia de mejora</b>
<b>Personal de trabajo</b>	-Se propone capacitar a los nuevos elementos en todas las funciones del software SIMECELE, así como en el cargado de datos e interpretación de la información generada por el software durante el análisis de los niveles de medición.
<b>Información requerida.</b>	-Se recomienda contar con la mayor parte o la totalidad de la información requerida para el cargado de información en el software SIMECELE.
<b>Maquinaria o equipo.</b>	-Se recomienda asegurar el buen funcionamiento de todos los equipos de cómputo. -Se recomienda garantizar el buen funcionamiento de la red de trabajo en la torre de ingeniería UNAM. -El software idealmente tiene que alertar cuando se está generando información incongruente. -El software SIMECELE permitirá un mejor análisis al generar una gráfica de control de espesores para los niveles de medición de nipleria.
<b>Técnica o método.</b>	-Se recomienda contar con manuales de usuario actualizados sobre el uso del software SIMECELE, en los que se indiquen los cambios y mejoras realizados al sistema. -Se recomienda asegurar la revisión de la información generada por el software. -Los accesorios de tubería y niplerias idealmente se deben cargar con sus especificaciones propias de diseño (diámetro, espesor nominal y límite de retiro)

#### **4.1 Propuesta del plan de trabajo para la puesta en marcha de las estrategias de mejora al proceso de implementación del SIMECELE.**

Para llevar a cabo las estrategias de mejora al proceso de implementación del SIMECELE, se debe generar un plan de trabajo bien definido y estructurado, el cual, tenga como objetivo dar solución a todas las áreas de oportunidad de mejora detectadas durante el análisis de las causas que generan errores y fallas durante el proceso de implementación del SIMECELE.

Para esto propongo un plan de trabajo que de ser llevado a la práctica, permitirá teóricamente eliminar o reducir al mínimo los efectos no deseados durante la Implementación del SIMECELE.

Debo hacer especial mención de que estas estrategias de mejora que propongo son solo aquellas que puedan ser realizadas por el personal de trabajo del grupo CEASP<sup>4</sup>A, por lo que las causas que generan errores y fallas durante la implementación del SIMECELE originadas por el personal, equipos, instalaciones, etc. de Pemex refinación y las condiciones climatológicas quedan fuera de este plan de trabajo.

El plan de trabajo que propongo se compone de los siguientes elementos.

##### **4.1.1 Capacitación.**

El personal de trabajo de grupo CEASP<sup>4</sup>A debe preferentemente formar un grupo de ingenieros con la mayor experiencia posible en el proceso de implementación del SIMECELE, los cuales serán los encargados de dar una adecuada capacitación a los nuevos elementos.

El programa de capacitación se compondrá de 80 horas divididas de la siguiente manera:

- ❖ Las primeras 4 horas serán dedicadas a dar una introducción del proceso de refinación de petróleo que se lleva a cabo en los centros de trabajo de Pemex refinación y las problemáticas a las que el sector petrolero se enfrenta en materia de seguridad, salud y protección ambiental.
- ❖ Las siguientes 4 horas de trabajo que compondrán el primer día de capacitación tendrá como objetivo presentar al nuevo personal de trabajo el origen, historia, características, objetivos e importancia del Sistema de Medición y Control de Espesores en Líneas y Equipos (SIMECELE) así como una descripción breve de su proceso de implementación.
- ❖ En los días 2 y 3 de capacitación del nuevo personal de trabajo, se verá todo lo referente a las 6 normas en que se fundamenta el software SIMECELE, los puntos a destacar serán objetivos, alcance, limitaciones y cómo es que interviene cada norma en el proceso de implementación del SIMECELE.
- ❖ El cuarto y quinto día de capacitación se dedicará a enseñar al nuevo personal a realizar los levantamientos en campo. Para esto es necesario que se les capacite en la representación gráfica de soldaduras, codos, codos reforzados, uniones bridadas, diferentes tipos de válvulas, niplerías, soportes y demás accesorios. El entrenamiento de levantamientos en campo puede ser realizado en el laboratorio de Ingeniería Química ubicado en la Facultad de Química y en esta parte se debe mostrar la forma correcta de levantar las diferentes unidades de control siguiendo las vistas isométricas, además de ilustrar la manera adecuada de realizar los asurados.
- ❖ Los días seis y siete del programa de entrenamiento serán dedicados a la digitalización de unidades de control en el software AutoCAD y al uso de la paleta de trabajo QIT DRAW. En esta parte del programa de capacitación se buscará enseñar a los nuevos elementos el uso de los comandos, plantillas y accesorios preestablecidos en la paleta QIT DRAW, todo lo

anterior con la finalidad de optimizar el tiempo dedicado al dibujo de los diagramas de inspección técnica y a disminuir los errores al momento de su elaboración.

- ❖ El octavo y noveno día del programa de capacitación serán dedicados a enseñar a los nuevos elementos todo lo referente al uso y cargado de información en el software SIMECELE. En esta parte es importante enseñar todas las funciones del programa y como éste permite una correcta administración de la integridad mecánica de las líneas y equipos que transportan, manejan o almacenan hidrocarburos. Para finalizar, se debe mostrar la forma de realizar un correcto análisis e interpretación de la información generada por el software.
- ❖ El décimo y último día del que se compone el programa de entrenamiento se dividirá en 2 partes, la primera parte será formada por las primeras 4 horas del día y se dedicará a realizar un repaso breve de todo lo visto durante la capacitación, así mismo se resolverán las dudas que aún persistan y se relazarán comentarios finales por parte de los capacitadores. En la segunda mitad del último día, el nuevo personal realizará una pequeña evaluación en la que se involucren todos los aspectos trabajados en el programa de capacitación, esto se hará con la finalidad de detectar los puntos débiles que persistan y generar las mejoras pertinentes al programa de capacitación.
- ❖ Para finalizar se debe capacitar a todo el personal de trabajo de grupo CEASP<sup>4</sup>A (no solo al de nuevo ingreso) en todos los cambios y mejoras que se realicen al software SIMECELE y la herramienta QIT DRAW.



#### 4.1.2 Mantenimiento de los equipos de cómputo, red y mejoras al software SIMECELE.

- ❖ Se recomienda que el grupo de soporte dé mantenimiento constante a los equipos de cómputo del personal de SIMECELE y en caso de ser necesario se deberán renovar las computadoras que resulten obsoletas o su deterioro impida su correcto funcionamiento. Durante el mantenimiento no solo se busca garantizar mantener los equipos en buen estado, también se pretende asegurar que las computadoras cuenten con la versión de trabajo del software AutoCAD y la última versión de la paleta QIT DRAW con los debidos permisos de usuario.
- ❖ Se sugiere trabajar en conjunto con el personal de la Torre de Ingeniería para solicitarles el buen funcionamiento de la red interna del edificio.
- ❖ Se recomienda que el software SIMECELE presente mejoras en los siguientes aspectos:
  - Se propone que los accesorios como codos, tees, caps y niplerias se carguen al software con sus propias especificaciones de diseño (espesor nominal, límite de retiro, diámetro y material) y no con las de la tubería que las contiene.
  - Es recomendable que el software presente un gráfica de desgaste propia de los niveles de niplería.
  - Se sugiere que el software alerte cuando se está generando información incongruente específicamente cuando está generando límites de retiro con espesor superior al espesor nominal.
  - El formato de correlación de niveles (empates) preferentemente debe de poder ser consultado desde el software SIMECELE.
  - Lo anterior será posible con la ayuda del personal encargado de desarrollo.

#### 4.1.3 Técnicas a seguir para la mejora del proceso de implementación del SIMECELE.

- ❖ Se sugiere que la información recabada de los diferentes centros de trabajo sea almacenada en los servidores de la torre de ingeniería siguiendo la organización de los centros de trabajo es decir:

1. Centro de trabajo.
2. Área o sector.
3. Planta, terminal o estación.

Esta forma de organización permite mejorar la administración de la información recabada y facilitará la consulta de ésta por todos los demás equipos de trabajo.

- ❖ Cuando surjan problemas al momento de realizar la división de unidades de control causadas por la ambigüedad con que la norma DG-SASIPA-IT-00204, revisión 7 las define, se recomienda consultar a los demás Ingenieros Residentes y Coordinadores de Proyecto para acordar en conjunto y de acuerdo a su experiencia en proyectos anteriores, la mejor forma de realizar la división de unidades de control.

Dada la complejidad de este punto, el cual serviría de tema para realizar posteriores trabajos de tesis, (además de no estar contemplado en los objetivos el desarrollar a detalle esta parte la propuesta de estrategia de mejora en mi presente trabajo), solo me queda recomendar la elaboración de manuales y protocolos a seguir para asegurar la homogeneidad de los criterios de división de unidades de control no contemplados en norma.

- ❖ Los ashurados preferentemente deben de realizarse mostrando la tendencia de inclinación real en campo, es decir, si la tubería corre en dirección norponiente, pero su ángulo de desviación es mayor en la dirección poniente, se debe dibujar aumentando más el ángulo de

inclinación hacia la dirección predominante y no solo mostrarlos con una desviación de 45 grados sin importar el punto cardinal predominante. Lo anterior permitirá reflejar con mayor fidelidad las unidades de control existentes en campo.

- ❖ Se propone generar manuales de usuario de SIMECELE y guías para dibujar diagramas para la inspección técnica de espesores en AutoCAD actualizados, detallados y suficientes para todo el personal del grupo CEASP<sup>4</sup>A. Además se recomienda generar un manual formado por fotos reales de los diferentes tipos de válvulas, accesorios, niplerías, etc. Que permitan al personal nuevo familiarizarse con cada uno de estos.
- ❖ Al momento de realizar los levantamientos en campo de las diferentes unidades de control, una buena forma de asegurar el trabajo realizado es por medio de la revisión cruzada, este método consiste en que el personal que realice los levantamientos, intercambiará su trabajo con el de algún compañero, el cual corroborará la fiabilidad del trabajo realizado y viceversa y en caso de existir errores hará las indicaciones y correcciones pertinentes con su compañero.
- ❖ Para evitar la excesiva fatiga e insolación del personal al momento de realizar los trabajos de levantamiento en campo, esta actividad se recomienda sea intercalada con la digitalización de las unidades de control levantadas ese mismo día y de esta forma se logrará hacer menos tedioso el trabajo.

#### **4.1.4 Otras recomendaciones.**

- ❖ Al momento de tener autorizado el proyecto de trabajo con Pemex-Refinación, se sugiere generar a la mayor brevedad los permisos de acceso a los centros de trabajo para todo el personal de grupo CEASP<sup>4</sup>A, estos permisos deben estar debidamente firmados y autorizados.

- ❖ De acuerdo con la experiencia se ha podido confirmar que el personal de Pemex solicita otro tipos de trabajos o una cantidad mayor al acordado en un principio, por tal motivo sugiero dar un periodo extra de holgura al tiempo de duración calculado para el proyecto.

Por último quiero hacer especial énfasis en recomendar que se continúen generando tesis de este mismo tipo, pues yo solo abarco los aspectos técnicos del proceso de implementación del SIMECELE, sin embargo, áreas como la planeación del proyecto, manejo de recursos, entre otros, también presentarán grandes áreas de oportunidad de mejora lo cual se reflejará en un aumento de la calidad del servicio prestado a Pemex-Refinación.

## CAPÍTULO V - CONCLUSIONES.

Después de realizar la detección y análisis de las causas que generan errores y fallas durante la implementación del SIMECELE en el Sistema Nacional de Refinación, se identificaron un total de 69 sub-causas repartidas de la siguiente manera.

**Tabla 18. Distribución de las causas que generan errores durante el PI-SIMECELE.**

	Personal de trabajo	Maquinaria o equipo	Información requerida	Técnica o método	Medio ambiente	otros	Total por bloque
Bloque 1	5	3	3	3	3	5	22
Bloque 2	7	4	5	6	4	3	29
Bloque 3	4	4	6	4	0	0	18
Total por causa	16	11	14	13	7	8	69

Se detectó que la principal causa de errores durante la implementación del SIMECELE es el Personal de trabajo, esto es debido al insuficiente programa de capacitación de los nuevos elementos que se integran al grupo CEASP<sup>4</sup>A y a la inexistencia de programas de capacitación continua para los elementos ya contratados.

La Información requerida es la segunda causa que genera errores y fallas durante la implementación del SIMECELE. Esto se debe a que la información requerida debe ser proporcionada por Pemex y en la gran mayoría de los casos esta información no existe o es incorrecta.

En tercer lugar se detectó la Técnica o método, lo anterior es resultado de la falta de directrices que indiquen como debe de ser realizado el trabajo.

En el cuarto lugar se encuentra la Maquinaria o equipo, su origen se detectó en la falta de mantenimiento de los equipos de cómputo y redes de trabajo requeridos por el personal así como no mantener actualizadas las licencias de la paleta QIT DRAW.

El quinto lugar le corresponde a “Otros”, en esta causa se engloban diferentes factores, pero los más destacados son las peticiones de Pemex-Refinación de realizar más trabajo del acordado o de diferente naturaleza del SIMECELE esto repercute negativamente en los tiempos de trabajo.

Como última causa se detectó el Medio ambiente, debido a que una gran parte del trabajo de implementación del SIMECELE es realizado en las plantas de Pemex-Refinación, en donde las condiciones ambientales y de seguridad afectan directamente en los tiempos proyectados para realizar el trabajo.

Como se puede observar en la tabla 18, el proceso de implementación del SIMECELE presenta una gran cantidad de oportunidades de mejora en todas las áreas en que tipifico la información recabada. Con el análisis que se desarrolla en la presente tesis sienta las bases para proponer las soluciones que en teoría permiten aminorar las consecuencias no deseadas durante el proceso de implementación del SIMECELE.

Finalmente considero que es muy importante conocer y documentar la realidad de los problemas existentes en la forma en que una empresa, grupo o institución realiza su trabajo para así poder determinar cómo estos afectan directamente la calidad del servicio ofrecido y aunque algunas personas puedan ver en forma negativa una tesis que destaque las áreas de oportunidad de mejora, la elaboración de este tipo de trabajos permite detectar las causas que generan errores y fallas en el préstamo de algún servicio profesional, en éste caso específico la implementación del SIMECELE.

## BIBLIOGRAFÍA.

- Betancourt, S. L. (2014). *Taller ARPEL Elementos de Seguridad de los Procesos Subsistema De Administración de la Seguridad de los Procesos ASP Tecnología del Proceso*. Disponible en <https://www.recope.go.cr/wp-content/uploads/2014/03/05-Tecnologia-del-Proceso.pdf> Última consulta: 03/09/2015
- CEASPA-GDDITEA-002. (2010). *Guía para dibujar diagramas para inspección técnica de espesores en AutoCAD 2008 Uso de la herramienta de dibujo del SIMECELE*.
- CEASPA-MIS-005. (2011). *MANUAL DE IMPLEMENTACIÓN DEL SIMECELE*.
- CEASPA-MUS-003. (2009). *MANUAL DE USUARIO DEL SIMECELE*.
- Excélsior. (2013 1º de febrero). *Los accidentes más severos de Pemex desde 1984*. Excélsior. Disponible en <http://www.excelsior.com.mx/2013/02/01/882272> Última consulta 03/09/2015
- Galgano, A. (1995). *Los 7 Instrumentos de la Calidad Total*. Madrid, España: Ediciones Díaz de Santos.
- Hernández, Z.A., Malfovon, R.N., y Fernández, L. G. (2003). *Seguridad e Higiene Industrial*. México: Limusa Noriega Editores.
- Higgins, R. (1971). *Ingeniería Metalúrgica*. México: CECSA.
- Marshall, V., y Ruhemann, S. (2001). *Fundamentals of Process Safety*. UK: Institution of Chemical Engineers.
- NRF-030-PEMEX. (2009). *Diseño, construcción, inspección y mantenimiento de ductos terrestres para transporte de hidrocarburos*.
- Pancorbo, F.F.J. (2011). *Corrosión Degradación y Envejecimiento de los Materiales Empleados en la Edificación*. Barcelona: Marcombo ediciones técnicas.
- PEMEX EXPLORACIÓN Y PRODUCCIÓN. (2009). *Manual de integridad mecánica y aseguramiento de la calidad IMAC*.
- PEMEX GAS Y PETROQUÍMICA BÁSICA. (2015). *Seguridad Industrial*. Disponible en <http://www.gas.pemex.com.mx/PGPB/Responsabilidad+Social/Seguridad+industrial/> Última consulta: 03/09/2015

PEMEX-DG-ASIPA-IT-00008. (2001). *Espesores de Retiro Para Tuberías, Válvulas y Conexiones Metálicas, Empleadas en el Transporte de Fluidos.*

PEMEX-DG-GPASI-IT-0903. (1995). *Procedimiento Para Efectuar la Revisión de la Tornillería de Tuberías y Equipos en las Instalaciones en Operación de Pemex Refinación.*

PEMEX-DG-SASIPA-0204. (2010). *Guía para el registro, análisis y programación de la medición preventiva de espesores.*

PEMEX-GPASI-IT-0209. (1994). *Procedimiento para efectuar la inspección de tuberías de proceso y servicios auxiliares en operación de las instalaciones de Pemex-Refinación.*

PEMEX-GPEI-IT-0201. (1986). *Procedimiento de Revisión de Niplería de Plantas en Operación.*

PEMEX-GPI-IT-4200. (1986). *Procedimiento Para el Control de Desgaste de Niplería.*

Rey, S.F. (2003). *Técnicas de Resolución de Problemas.* España: FC editorial.



## ANEXO A. CUESTIONARIO PARA ENTREVISTAS.

Nombre \_\_\_\_\_

Tiempo laborando en SIMECELE \_\_\_\_\_

De acuerdo con su experiencia mencione las dificultades dependiendo de la categoría que a su juicio pueden causar errores durante las diferentes etapas de implementación del SIMECELE.

Mano de obra o personal	Maquinaria o equipo	Materias primas o de lo que partimos.
Medio ambiente y otros	Técnica o método.	Medición

## ANEXO B. INFORMACIÓN RECABADA.

**Tabla 19. Causas detectadas con apoyo del Ingeniero Coordinador de proyecto.**

ETAPA.	CAUSAS QUE GENERAN ERRORES.
<p>1 Recopilación De la Información</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Desconocimiento de los documentos de ingeniería requeridos para el PI-SIMECELE así como la interpretación ingenieril de cada uno de estos.</li> <li>-Personal sin el perfil requerido.</li> <li>-No se cuenta con una capacitación adecuada para los nuevos elementos.</li> <li>-Información incompleta, no actualizada o ilegible de los documentos de ingeniería proporcionados por el personal de Pemex principalmente DFP'S, DTI'S, descripción del proceso y lista de materiales.</li> <li>-Contingencias climatológicas o de seguridad en los centros de trabajo.</li> </ul>
<p>2 Identificación Y censo de Circuitos</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Falta de entrenamiento y capacitación del personal nuevo en la identificación y censo de circuitos.</li> <li>-Errores de tipo humano al realizar la división de Circuitos.</li> <li>-Personal de Pemex pide que se le adecue el trabajo de acuerdo a las necesidades particulares del momento y del centro de trabajo.</li> </ul>
<p>3 Identificación Y censo de UC</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Errores del personal al realizar la división de UC.</li> <li>-Personal de Pemex solicita otros tipos de servicios no contemplados en el proyecto.</li> <li>-Falta de entrenamiento y capacitación del personal nuevo en la identificación y censo de UC.</li> </ul>
<p>4 Actualización en campo de Isométricos</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Falta de entrenamiento para realizar los levantamientos en campo.</li> <li>-DTI'S no actualizados y sin especificación de material.</li> <li>-Mal levantamiento en campo de las diferentes UC.</li> <li>-Personal de Pemex pide más trabajo del programado en el proyecto.</li> <li>-Falta de información o expedientes de los cambios realizados en campo que no se reflejan en DTI'S, DFP'S o algún otro documento.</li> </ul>
<p>5 Digitalización En AutoCAD De diagramas para la IT</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Versión de AutoCAD no compatible con QUT DRAW.</li> <li>-Censo de UC no actualizado.</li> <li>-DTI'S no actualizados y sin especificación de material.</li> <li>-Mal levantamiento en campo de las diferentes UC.</li> <li>-Personal de Pemex pide más trabajo del programado en el proyecto.</li> </ul>
<p>6 Correlación de niveles</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Errores de omisión al momento de realizar la correlación de niveles.</li> <li>-Falta del historial de inspecciones pasadas.</li> </ul>

**Tabla 20. Causas detectadas con apoyo del Ingeniero Coordinador de proyecto (Continuación).**

<b>ETAPA.</b>	<b>CAUSAS QUE GENERAN ERRORES.</b>
7 Captura de especificación de materiales	-No existe una capacitación adecuada para los nuevos elementos en el uso del software SIMECELE en lo referente a la captura de especificación de materiales. -No se cuenta con manuales de usuario de SIMECELE actualizados.
8 Captura de la estructura de la UC	-Fallas constantes en la red de Pemex-Refinación. - Etapa dependiente de toda la información recabada en la etapa 1. -Diagrama de inspección técnica mal realizado. -Empate mal realizado. -No existen metodologías que aseguren la correcta captura de datos.
10 Revisión y validación del análisis	-Desconocimiento de gran parte del personal en todas las funciones del software SIMECELE. -Fallas constantes en la red de la torre de Ingeniería.

**Tabla 21. Causas detectadas con apoyo del Ingeniero Residente.**

<b>ETAPA.</b>	<b>CAUSAS QUE GENERAN ERRORES.</b>
1 Recopilación De la Información	-Información incompleta, no actualizada o ilegible de los documentos de ingeniería proporcionados por el personal de Pemex principalmente DFP'S, DTI'S, descripción del proceso y lista de materiales. -No se cuenta con una capacitación adecuada para los nuevos elementos. -Fallas constantes de la red interna de Pemex. -Inexperiencia y falta de capacitación de los nuevos elementos que se integran a los equipos de trabajo del SIMECELE.
2 Identificación Y censo de Circuitos	-Falta de entrenamiento y capacitación del personal nuevo en la identificación y censo de circuitos. -Errores de tipo humano al realizar la división de Circuitos. -Desconocimiento de los documentos de ingeniería requeridos para la división de circuitos. -No se cuenta con una capacitación adecuada para los nuevos elementos.

**Tabla 22. Causas detectadas con apoyo del Ingeniero Residente (Continuación).**

ETAPA.	CAUSAS QUE GENERAN ERRORES.
<p>3 Identificación Y censo de UC</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Falta de conocimientos de las normas en que se fundamenta el SIMECELE.</li> <li>-Errores del personal al realizar la división de UC.</li> <li>-Inexistencia de criterios para homogenizar la división de UC no contemplados en la norma.</li> <li>-Omisión de la revisión para asegurar la correcta división de UC.</li> <li>-Mala división de circuitos que afecta la división de UC.</li> </ul>
<p>4 Actualización en campo de Isométricos</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Falta de entrenamiento para realizar los levantamientos en campo.</li> <li>-Desconocimiento de la representación gráfica de asurados en líneas.</li> <li>-Omisión en los detalles de las UC al momento de levantar en campo.</li> <li>-Mala numeración de los diferentes tipos de nivel de acuerdo a la norma DG-SASIPA-IT-00204, revisión 7.</li> <li>-DTI'S no actualizados y sin especificación de material.</li> <li>-Levantamiento en campo sin detallar.</li> <li>-No existe una metodología a seguir para realizar los levantamientos.</li> <li>-No existen criterios para levantar arreglos especiales.</li> </ul>
<p>5 Digitalización En AutoCAD De diagramas para la IT</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Censo de UC no actualizado.</li> <li>-DTI'S no actualizados y sin especificación de material.</li> <li>-Mal levantamiento en campo de las diferentes UC.</li> <li>-Levantamiento en campo sin detallar.</li> <li>-Isométrico mal digitalizado y sin actualizar.</li> <li>-No se cuenta con manuales de dibujo actualizados.</li> <li>-No existen criterios para digitalizar arreglos especiales.</li> <li>-Mal estado de las computadoras asignadas al personal del SIMECELE.</li> <li>-Personal de Pemex pide más trabajo del programado en el proyecto.</li> <li>-Falta de información o expedientes de los cambios realizados en campo que no se reflejan en DTI'S, DFP'S o algún otro documento.</li> </ul>
<p>6 Correlación de niveles</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Errores de omisión al momento de realizar la correlación de niveles.</li> <li>-Censo de UC no actualizado.</li> <li>-Falta del historial de inspecciones pasadas.</li> </ul>
<p>7 Captura de especificación de materiales</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Desconocimiento del personal nuevo de en qué documentos encontrar la información requerida para cargar la captura de especificación de materiales en el software SIMECELE.</li> <li>-No existen metodologías que aseguren la correcta captura de datos.</li> <li>-Mal estado de las computadoras asignadas al personal del SIMECELE.</li> </ul>

**Tabla 23. Causas detectadas con apoyo del Ingeniero Residente (Continuación).**

<b>ETAPA.</b>	<b>CAUSAS QUE GENERAN ERRORES.</b>
8 Captura de la estructura de la UC	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Diagrama de inspección técnica mal realizado.</li> <li>-Empate mal realizado.</li> <li>-No siempre se asegura que las condiciones de operación sean las reales de las UC al momento de cargar la información al software.</li> <li>-No se cuenta con manuales de usuario de SIMECELE actualizados.</li> <li>-No existen metodologías que aseguren la correcta captura de datos.</li> </ul>
9 Captura de inspecciones de la UC	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Fallas constantes en la red de la torre de Ingeniería.</li> <li>-Dibujo y empate de etapas 5 y 6 mal realizado.</li> <li>-Mal estado de las computadoras asignadas al personal del SIMECELE.</li> <li>-Incongruencia de los datos de medición de espesores proporcionado por Pemex.</li> </ul>
10 Revisión y validación del análisis	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Fallas constantes en la red de Pemex-Refinación.</li> <li>-Fallas constantes en la red de la torre de Ingeniería.</li> <li>-No se cuenta con manuales de usuario de SIMECELE actualizados.</li> </ul>

**Tabla 24. Causas detectadas con apoyo del Especialista Técnico 1.**

<b>ETAPA.</b>	<b>CAUSAS QUE GENERAN ERRORES.</b>
1 Recopilación De la Información	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Fallas constantes de la red interna de Pemex.</li> <li>-Desconocimiento de la organización y ubicación de los documentos de Ingeniería requeridos para el PI-SIMECELE dentro de los servidores en los centros de trabajo de Pemex-Refinación.</li> <li>-No se cuenta con una capacitación adecuada para los nuevos elementos.</li> <li>-Mal estado de las computadoras asignadas al personal del SIMECELE.</li> <li>-Contingencias climatológicas o de seguridad en los centros de trabajo.</li> </ul>
2 Identificación Y censo de Circuitos	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Falta de conocimientos de las normas en que se fundamenta el SIMECELE.</li> <li>-Falta de entrenamiento y capacitación del personal nuevo en la identificación y censo de circuitos.</li> <li>-No comprensión de la descripción del proceso.</li> <li>-Omisión de la revisión del trabajo por parte de Pemex.</li> </ul>

**Tabla 25. Causas detectadas con apoyo del Especialista Técnico 1 (Continuación).**

ETAPA.	CAUSAS QUE GENERAN ERRORES.
<p>3</p> <p>Identificación Y censo de UC</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Errores del personal al realizar la división de UC.</li> <li>-Desconocimiento de los documentos de ingeniería requeridos para la identificación y censo de UC.</li> <li>-Información incompleta, no actualizada o ilegible de los documentos de ingeniería proporcionados por el personal de Pemex principalmente DFP'S, DTI'S, descripción del proceso y lista de materiales.</li> <li>-Inexistencia de criterios para homogenizar la división de UC no contemplados en la norma.</li> <li>-No se puede asegurar el tipo del material cuando no existe esta información en documentos.</li> <li>-Omisión de la revisión del trabajo por parte de Pemex.</li> </ul>
<p>4</p> <p>Actualización en campo de Isométricos</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Falta de entrenamiento para realizar los levantamientos en campo.</li> <li>-Falta de entrenamiento de las orientaciones en campo para los levantamientos con vistas isométricas.</li> <li>-Desconocimiento de la representación gráfica de ashurados en líneas.</li> <li>-No contar con diagramas de construcción para zonas que cuentan con aislamiento.</li> <li>-No existen criterios para levantar arreglos especiales.</li> <li>-Inaccesibilidad a las zonas de levantamiento de alto riesgo por emisión de vapores</li> </ul>
<p>5</p> <p>Digitalización En AutoCAD De diagramas para la IT</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Desconocimiento de la representación gráfica de ashurados en líneas.</li> <li>-Omisión en los detalles de las UC al momento de levantar en campo.</li> <li>-Falta de capacitación en el uso de AutoCAD principalmente en la paleta de herramientas QIT DRAW y las diferentes plantillas de los centros de trabajo.</li> <li>-Censo de UC no actualizado.</li> <li>-Falta de diagramas de construcción para zonas que cuentan con aislamiento.</li> <li>-Isométrico mal digitalizado y sin actualizar.</li> <li>-Los ashurados no reflejan las orientaciones reales en campo.</li> <li>-No existen criterios para digitalizar arreglos especiales.</li> <li>-Mal estado de las computadoras asignadas al personal del SIMECELE.</li> </ul>
<p>6</p> <p>Correlación de niveles</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Falta del historial de inspecciones pasadas.</li> </ul>
<p>7</p> <p>Captura de especificación de materiales</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Desconocimiento del personal nuevo de en qué documentos encontrar la información requerida para cargar la captura de especificación de materiales en el software SIMECELE.</li> <li>-Fallas constantes en la red de la torre de Ingeniería.</li> <li>- Etapa dependiente de toda la información recabada en la etapa 1 principalmente la especificación de materiales de la planta.</li> </ul>

**Tabla 26. Causas detectadas con apoyo del Especialista Técnico 1 (Continuación).**

<b>ETAPA.</b>	<b>CAUSAS QUE GENERAN ERRORES.</b>
8 Captura de la estructura de la UC	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Errores al momento de cargar las vistas de la estructura de la unidad de control.</li> <li>-Fallas constantes en la red de Pemex-Refinación.</li> <li>-Fallas constantes en la red de la torre de Ingeniería.</li> <li>-Empate mal realizado.</li> <li>-No siempre se asegura que las condiciones de operación sean las reales de las UC al momento de cargar la información al software.</li> <li>-Los accesorios, coples y niples se cargan con las mismas especificaciones (diámetro, espesor nominal y límite de Retiro) de la tubería que los contiene.</li> </ul>
9 Captura de inspecciones de la UC	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Desconocimiento de gran parte del personal en todas las funciones del software SIMECELE</li> <li>-Dibujo y empate de etapas 5 y 6 mal realizado.</li> <li>-Mal estado de las computadoras asignadas al personal del SIMECELE.</li> <li>-Mediciones incompletas de algunos niveles de medición de las diferentes UC.</li> </ul>
10 Revisión y validación del análisis	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Desconocimiento de gran parte del personal en todas las funciones del software SIMECELE.</li> <li>-El software no alerta cuando se está generando información incongruente.</li> <li>-No se cuenta con una gráfica de control de espesores para los niveles de medición de niplería.</li> <li>-El análisis del desgaste de los accesorios coples y niples se realiza con las mismas especificaciones (diámetro, espesor nominal y límite de Retiro) de la tubería que los contiene.</li> </ul>

**Tabla 27. Causas detectadas con apoyo del Especialista Técnico 2.**

<b>ETAPA.</b>	<b>CAUSAS QUE GENERAN ERRORES.</b>
1 Recopilación De la Información	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Inexperiencia y falta de capacitación de los nuevos elementos que se integran a los equipos de trabajo del SIMECELE.</li> <li>-Desconocimiento de la organización y ubicación de los documentos de Ingeniería requeridos para el PI-SIMECELE dentro de los servidores en los centros de trabajo de Pemex-Refinación.</li> <li>-Desconocimiento de los documentos de ingeniería requeridos para el PI-SIMECELE así como la interpretación ingenieril de cada uno de estos.</li> </ul>
2 Identificación Y censo de Circuitos	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Información incompleta, no actualizada o ilegible de los documentos de ingeniería proporcionados por el personal de Pemex principalmente DFP'S, DTI'S, descripción del proceso y lista de materiales.</li> <li>-Falta de información o expedientes de los cambios realizados en campo que no se reflejan en DTI'S o DFP'S.</li> <li>-Omisión de la revisión para asegurar la correcta división de circuitos.</li> <li>-Omisión de la revisión del trabajo por parte de Pemex.</li> </ul>

**Tabla 28. Causas detectadas con apoyo del Especialista Técnico 2 (Continuación)**

ETAPA.	CAUSAS QUE GENERAN ERRORES.
<p>3</p> <p>Identificación Y censo de UC</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Errores del personal al realizar la división de UC.</li> <li>-Desconocimiento de los documentos de ingeniería requeridos para la identificación y censo de UC.</li> <li>-Mala división de circuitos que afecta la división de UC.</li> </ul>
<p>4</p> <p>Actualización en campo de Isométricos</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Desconocimiento del personal en los diferentes tipos de válvulas, bridas, arreglos de coples, etc. Así como la representación gráfica de cada uno de estos.</li> <li>-Falta de entrenamiento para realizar los levantamientos en campo.</li> <li>-Falta de entrenamiento de las orientaciones en campo para los levantamientos con vistas isométricas.</li> <li>-Desconocimiento de la representación gráfica de ashurados en líneas.-DTI'S no actualizados y sin especificación de material.</li> <li>-No contar con diagramas de construcción para zonas que cuentan con aislamiento.</li> <li>-Mal levantamiento en campo de las diferentes UC.</li> <li>-No existen criterios para levantar arreglos especiales.</li> <li>-Inaccesibilidad a las zonas de levantamiento, por altura o terrenos de difícil acceso</li> <li>-Inaccesibilidad a las zonas de levantamiento de alto riesgo por emisión de vapores</li> <li>-Falta de información o expedientes de los cambios realizados en campo que no se reflejan en DTI'S, DFP'S o algún otro documento.</li> </ul>
<p>5</p> <p>Digitalización En AutoCAD De diagramas para la IT</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Desconocimiento del personal en los diferentes tipos de válvulas, bridas, arreglos de coples, etc. Así como la representación gráfica de cada uno de estos.</li> <li>-Desconocimiento de la representación gráfica de ashurados en líneas.</li> <li>-Omisión en los detalles de las UC al momento de levantar en campo.</li> <li>-Los ashurados no reflejan las orientaciones reales en campo.</li> <li>-No se cuenta con manuales de dibujo actualizados.</li> <li>-No existen criterios para digitalizar arreglos especiales.</li> <li>-No existe un método para mantener la misma estética en los dibujos digitalizados.</li> <li>-Mal estado de las computadoras asignadas al personal del SIMECELE.</li> </ul>



**Tabla 29. Causas detectadas con apoyo del Especialista Técnico 2 (Continuación)**

ETAPA.	CAUSAS QUE GENERAN ERRORES.
6 Correlación de niveles	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Mala numeración de los diferentes tipos de nivel de acuerdo a la norma DG-SASIPA-IT-00204, revisión 7.</li> <li>-El formato de Correlación de niveles no se puede consultar desde el software SIMECELE.</li> </ul>
7 Captura de especificación de materiales	<ul style="list-style-type: none"> <li>-No existe una capacitación adecuada para los nuevos elementos en el uso del software SIMECELE en lo referente a la captura de especificación de materiales.</li> <li>-Fallas constantes en la red de la torre de Ingeniería.</li> <li>-No existen metodologías que aseguren la correcta captura de datos.</li> </ul>
8 Captura de la estructura de la UC	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Desconocimiento de gran parte del personal en todas las funciones del software SIMECELE.</li> <li>-No existe una capacitación adecuada para los nuevos elementos en el uso del software SIMECELE en lo referente a la captura de la estructura de la UC.                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- Etapa dependiente de toda la información recabada en la etapa 1.</li> <li>-Diagrama de inspección técnica mal realizado.</li> <li>-Empate mal realizado.</li> </ul> </li> <li>-Falta de los expedientes de medición de las UC con emplazamientos, cambios de tubería, etc.                             <ul style="list-style-type: none"> <li>-Mal estado de las computadoras asignadas al personal del SIMECELE.</li> <li>-Los accesorios, coples y niples se cargan con las mismas especificaciones (diámetro, espesor nominal y límite de Retiro) de la tubería que los contiene.</li> </ul> </li> </ul>
9 Captura de inspecciones de la UC	<ul style="list-style-type: none"> <li>-El software no alerta cuando se está generando información incongruente.                             <ul style="list-style-type: none"> <li>-Fallas constantes en la red de la torre de Ingeniería.</li> <li>-Dibujo y empate de etapas 5 y 6 mal realizado.</li> </ul> </li> <li>-No existe una capacitación adecuada para los nuevos elementos en el uso del software SIMECELE en la captura de inspecciones de la UC.</li> <li>-Incongruencia de los datos de medición de espesores proporcionado por Pemex.</li> <li>-No existen metodologías que aseguren la correcta captura de datos.</li> </ul>
10 Revisión y validación del análisis	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Omisión del personal de Pemex y grupo CEASP<sup>4</sup>A en la revisión y validación de la información generada por el software SIMECELE.</li> <li>-Fallas constantes en la red de la torre de Ingeniería.</li> <li>-No se cuenta con una gráfica de control de espesores para los niveles de medición de niplería.</li> <li>-No se cuenta con manuales de usuario de SIMECELE actualizados.</li> <li>-El análisis del desgaste de los accesorios coples y niples se realiza con las mismas especificaciones (diámetro, espesor nominal y límite de Retiro) de la tubería que los contiene.</li> </ul>

**Tabla 30. Causas detectadas con apoyo del Especialista Técnico 3.**

<b>ETAPA.</b>	<b>CAUSAS QUE GENERAN ERRORES.</b>
<p>1 Recopilación De la Información</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Desconocimiento de la organización y ubicación de los documentos de Ingeniería requeridos para el PI-SIMECELE dentro de los servidores en los centros de trabajo de Pemex-Refinación.</li> <li>-Fallas constantes de la red interna de Pemex.</li> <li>-Mal estado de las computadoras asignadas al personal del SIMECELE.</li> <li>-Dificultad para el acceso a los centros de trabajo.</li> <li>-Contingencias climatológicas o de seguridad en los centros de trabajo.</li> <li>-Falta de criterios para organizar la información recabada en los servidores de la torre de Ingeniería.</li> </ul>
<p>2 Identificación Y censo de Circuitos</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Falta de conocimientos de las normas en que se fundamenta el SIMECELE.</li> <li>-Falta de entrenamiento y capacitación del personal nuevo en la identificación y censo de circuitos.</li> <li>-No comprensión de la descripción del proceso.</li> <li>-Errores de tipo humano al realizar la división de Circuitos.</li> <li>-Fallas constantes de la red interna en la Torre de Ingeniería UNAM.</li> <li>-Información incompleta, no actualizada o ilegible de los documentos de ingeniería proporcionados por el personal de Pemex principalmente DFP'S, DTI'S, descripción del proceso y lista de materiales.</li> <li>-Omisión de la revisión para asegurar la correcta división de circuitos.</li> </ul>
<p>3 Identificación Y censo de UC</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Errores del personal al realizar la división de UC.</li> <li>-Desconocimiento de los documentos de ingeniería requeridos para la identificación y censo de UC.</li> <li>-Información incompleta, no actualizada o ilegible de los documentos de ingeniería proporcionados por el personal de Pemex principalmente DFP'S, DTI'S, descripción del proceso y lista de materiales.</li> <li>-Incorrecta división de Circuitos que afectara la división de UC.</li> <li>-Inexistencia de criterios para homogenizar la división de UC no contemplados en la norma.</li> <li>-Omisión de la revisión para asegurar la correcta división de UC.</li> <li>-No se puede asegurar el tipo del material cuando no existe esta información en documentos.</li> </ul>

**Tabla 31. Causas detectadas con apoyo del Especialista Técnico 3 (Continuación).**

ETAPA.	CAUSAS QUE GENERAN ERRORES.
<p>4</p> <p>Actualización en campo de Isométricos</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Falta de entrenamiento de las orientaciones en campo para los levantamientos con vistas isométricas.</li> <li>-Desconocimiento de la representación gráfica de ashurados en líneas.</li> <li>-No contar con diagramas de construcción para zonas que cuentan con aislamiento.</li> <li>-No existen criterios para levantar arreglos especiales.</li> <li>-Los permisos para ingresar a las instalaciones no siempre está actualizados.</li> <li>-El tiempo proyectado para realizar el trabajo en campo por lo general es insuficiente.</li> <li>-Desconocimiento del personal en los diferentes tipos de válvulas, bridas, arreglos de cóples, etc. Así como la representación gráfica de cada uno de estos.</li> <li>-Contingencias climatológicas o de seguridad en los centros de trabajo.</li> <li>-Instalaciones dañadas, como son escaleras, rampas, etc. Que impiden entrar a las zonas de levantamiento.</li> <li>-Inaccesibilidad a las zonas de levantamiento de alto riesgo por emisión de vapores</li> <li>-Falta de información o expedientes de los cambios realizados en campo que no se reflejan en DTI'S, DFP'S o algún otro documento.</li> </ul>
<p>5</p> <p>Digitalización En AutoCAD De diagramas para la IT</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Desconocimiento de la representación gráfica de ashurados en líneas.</li> <li>-Falta de capacitación en el uso de AutoCAD principalmente en la paleta de herramientas QIT DRAW y las diferentes plantillas de los centros de trabajo.</li> <li>-Archivos de dibujo no compatibles con las PC's de Pemex.</li> <li>-DTI'S no actualizados y sin especificación de material.</li> <li>-Falta de diagramas de construcción para zonas que cuentan con aislamiento.</li> <li>-Mal levantamiento en campo de las diferentes UC.</li> <li>-Levantamiento en campo sin detallar.</li> <li>-No existen criterios para digitalizar arreglos especiales.</li> <li>-No existe un método para mantener la misma estética en los dibujos digitalizados.</li> <li>-Mal estado de las computadoras asignadas al personal del SIMECELE.</li> <li>-Falta de información o expedientes de los cambios realizados en campo que no se reflejan en DTI'S, DFP'S o algún otro documento.</li> </ul>
<p>6</p> <p>Correlación de niveles</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Falta del historial de inspecciones pasadas.</li> <li>-El formato de Correlación de niveles no se puede consultar desde el software SIMECELE.</li> </ul>

**Tabla 32. Causas detectadas con apoyo del Especialista Técnico 3 (Continuación).**

<b>ETAPA.</b>	<b>CAUSAS QUE GENERAN ERRORES.</b>
<p>7</p> <p>Captura de especificación de materiales</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Desconocimiento del personal nuevo de en qué documentos encontrar la información requerida para cargar la captura de especificación de materiales en el software SIMECELE.</li> <li>-Mal estado de las computadoras asignadas al personal del SIMECELE.</li> </ul>
<p>8</p> <p>Captura de la estructura de la UC</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Errores al momento de cargar las vistas de la estructura de la unidad de control.</li> <li>-El software no alerta cuando se está generando información incongruente.</li> <li>-Fallas constantes en la red de Pemex-Refinación.</li> <li>-Diagrama de inspección técnica mal realizado.</li> <li>-Empate mal realizado.</li> <li>-No siempre se asegura que las condiciones de operación sean las reales de las UC al momento de cargar la información al software.</li> <li>-Falta de los expedientes de medición de las UC con emplazamientos, cambios de tubería, etc.</li> <li>-Mal estado de las computadoras asignadas al personal del SIMECELE.</li> <li>-Los accesorios, coples y niples se cargan con las mismas especificaciones (diámetro, espesor nominal y límite de Retiro) de la tubería que los contiene.</li> <li>-No se cuenta con manuales de usuario de SIMECELE actualizados.</li> </ul>
<p>9</p> <p>Captura de inspecciones de la UC</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-El software no alerta cuando se está generando información incongruente.</li> <li>-Fallas constantes en la red de Pemex-Refinación.</li> <li>-Fallas constantes en la red de la torre de Ingeniería.</li> <li>-No existe una capacitación adecuada para los nuevos elementos en el uso del software SIMECELE en la captura de inspecciones de la UC.</li> <li>-Mal estado de las computadoras asignadas al personal del SIMECELE.</li> <li>-Incongruencia de los datos de medición de espesores proporcionado por Pemex.</li> <li>-Mediciones incompletas de algunos niveles de medición de las diferentes UC.</li> </ul>
<p>10</p> <p>Revisión y validación del análisis</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Omisión del personal de Pemex y grupo CEASP<sup>4</sup>A en la revisión y validación de la información generada por el software SIMECELE.</li> </ul>

## GLOSARIO.

**Accidente.** Evento o combinación de eventos no deseados e inesperados que tienen consecuencias tales como lesiones al personal, daños a terceros en sus bienes o en sus personas, daños al medio ambiente, daños a instalaciones o alteración a la actividad normal del proceso.

**Ambiente.** Conjunto de elementos naturales o inducidos por el hombre, que hacen posible la existencia y el desarrollo de la vida, en un espacio y tiempo determinados.

**Análisis estadístico.** Es el análisis formal que se ejecuta a partir de los datos del registro de medición de espesores

**CEASP<sup>4</sup>A.** Centro de estudios para la administración de la seguridad de los procesos petroquímicos, poliméricos y la protección ambiental.

**Circuito.** Conjunto de líneas o equipos que manejan un fluido de la misma composición, pudiendo variar en sus diferentes partes las condiciones de operación.

**Condición peligrosa.** Estado físico o nivel de operación que puede originar un accidente o gran liberación de energía o sustancias, cuyas consecuencias son daños y/o lesiones

**DFP.** Diagrama de flujo de proceso.

**DTI.** Diagrama de tubería e instrumentación.

**Emergencia.** Situación derivada de un accidente, que puede resultar en efectos adversos a los trabajadores, la comunidad, el ambiente y/o las instalaciones y que por su naturaleza de riesgo, activa una serie de acciones para controlar o mitigar la magnitud de sus efectos.

**Equipos.** Son todos aquellos dispositivos (recipientes, intercambiadores, bombas, tanques de almacenamiento, etc.) que conjuntamente con las líneas integran los circuitos.

**Evento.** Suceso relacionado a las acciones del ser humano, al desempeño del equipo o con sucesos externos al sistema que pueden causar interrupciones y/o problemas en el sistema

**IMAC.** Integridad mecánica y aseguramiento de la calidad.

**Incidente.** Evento no deseado, inesperado e instantáneo, que puede o no traer consecuencias al personal y a terceros, ya sea en sus bienes o en sus personas, al medio ambiente, a las instalaciones o alteración a la actividad normal de proceso.

**Instalación.** Conjunto de estructuras, equipos de proceso y servicios auxiliares, entre otros, dispuestos para un proceso productivo específico.

**Línea.** Conjunto de tramos de tubería y accesorios que manejan el mismo fluido a las mismas condiciones de operación.

**Peligro.** Es toda condición física o química que tiene el potencial de causar daño al personal, a las instalaciones o al ambiente.

**PI-SIMECELE.** Proceso de implementación del Sistema de Medición y Control de Espesores de Líneas y Equipos.

**Riesgo.** Peligros a los que se expone el personal. Combinación de la probabilidad de que ocurra un accidente y sus consecuencias.

**SIMECELE.** Sistema de Medición y Control de Espesores de Líneas y Equipos.