

HERRAMIENTA SOFTWARE PARA DISPOSITIVOS MÓVILES, ORIENTADA AL  
ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DEL DAÑO PRESENTE EN EQUIPOS DE LA  
INDUSTRIA DEL SECTOR PETROQUÍMICO BASADO EN LA NORMA API RP  
579 (FITNESS-FOR-SERVICE).

YEIMY KATHERINE GALVIS DUARTE  
LEYDI JOHANNA SAAVEDRA QUINTERO

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍA FÍSICO- MECÁNICAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA DE SISTEMAS E INFORMÁTICA  
BUCARAMANGA  
20013

HERRAMIENTA SOFTWARE PARA DISPOSITIVOS MÓVILES, ORIENTADA AL  
ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DEL DAÑO PRESENTE EN EQUIPOS DE LA  
INDUSTRIA DEL SECTOR PETROQUÍMICO BASADO EN LA NORMA API RP  
579 (FITNESS-FOR-SERVICE).

YEIMY KATHERINE GALVIS DUARTE  
LEYDI JOHANNA SAAVEDRA QUINTERO

TRABAJO DE GRADO PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE  
INGENIERO DE SISTEMAS

DIRECTOR:  
CARLOS FELIPE REYES CONTRERAS  
INGENIERO DE SISTEMAS

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍA FÍSICO- MECÁNICAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA DE SISTEMAS E INFORMÁTICA  
BUCARAMANGA

2013

## DEDICATORIA

En memoria de mi **padre Pedro Antonio Saavedra Vargas**, quien me enseñó la disciplina, el compromiso y carácter, porque sé que sería el hombre más feliz, de verme alcanzar mis logros.

A mi **madre** por ser el pilar fundamental en todo lo que soy, en toda mi educación, tanto académica, como de la vida, por su incondicional apoyo perfectamente mantenido a través del tiempo.

A mi **esposo Uriel** y mi **hijo Juan**, que son mi motivación y mi aliento para ser cada día alguien mejor, son el motivo de mis madrugadas, mis esfuerzos y mis sacrificios, por su amor y comprensión, que son mi fortaleza en todo momento.

A mi **hermana Carolina** por su gran apoyo y sus palabras que me han alentado en todo momento.

A mi **familia**, que ve en mi un ejemplo a seguir, saben de mi constancia, quiero que tengan presente, que para lograr las cosas en la vida simplemente basta con saber que es realmente lo que se quiere, cuando se sabe lo que se quiere, se sabe el camino a seguir y se va construyendo al andar.

**Leydi Johanna Saavedra Quintero**

## DEDICATORIA

A mi **Mamá:** que siempre me motivó a ser una gran profesional, me dio su apoyo y su amor y me ha acompañado durante este largo camino, siempre brindándome lo mejor de ella y dándome sus mejores consejos, mami este logro es para ti.

A mis **Hermanas:** quienes han sido mi motivación y mis ganas de seguir, son quienes han estado siempre a mi lado, gracias hermanas por su gran apoyo.

A mi **Abuela Carmen:** que siempre estuvo para corregirme y apoyarme, además su esperanza siempre estuvo puesta en mí y eso me motivó a nunca decaer.

A mi **Familia:** quienes siempre me han admirado y me han dado sus consejos para que siempre mire hacia adelante y cumpla siempre lo que me propongo.

**Yeimy Katherine Galvis Duarte**

## **AGRADECIMIENTOS**

A Carlos Felipe Reyes Contreras, Ingeniero de Sistemas, Director del proyecto.

A Iván Uribe Pérez, M.Sc.A, Ingeniero Metalúrgico, profesor UIS, Codirector del proyecto.

## TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN.....	20
1. ASPECTOS GENERALES.....	21
1.1 OBJETIVOS.....	21
1.1.1 Objetivo General.....	21
1.1.2 Objetivos Específicos.....	21
1.2 JUSTIFICACIÓN.....	22
2. MARCO TEORICO .....	23
2.1 NORMA API 579-1/ASME FITNESS-FOR-SERVICE.....	23
2.2 DISEÑO ESTRUCTURADO DE LA NORMA: .....	25
2.3 METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN.....	26
2.4 CRITERIOS DE ACEPTACIÓN .....	27
2.4.1 Tensión Admisible (Allowable Stress) .....	27
2.4.2 Factor de Esfuerzo Remanente: .....	28
2.4.3 Diagrama de Evaluación de Falla (FAD) .....	29
2.5 MECANISMOS DE DAÑO .....	30
2.5.1 Fractura Frágil.....	30
2.5.1.1 CET: “Critical exposition temperature” Temperatura Crítica de Exposición .....	30
2.5.1.2 MAT .....	31
2.5.1.3 Determinación del MAT.....	31
2.5.2 Pérdida General - Localizada de Metal .....	34
2.5.2.1 Localización y caracterización de la zona con la pérdida de metal.....	35
2.5.2.2 PTR–“point thickness readings” .....	35
2.5.3 Nivel de Evaluación 1.....	42
2.5.4 Corrosión por Picado .....	48
2.5.5 Daños por Hidrogeno .....	49
2.5.5.1 (HIC) - Hydrogen induced cracking .....	50

2.5.5.2	Ampollas .....	53
2.5.5.3	Criterios de Evaluación HIC .....	57
2.5.5.4	Criterios de Evaluación Ampollas .....	57
2.5.6	Desalineación de Soldadura y Distorsiones .....	57
2.5.7	Grietas .....	58
2.5.7.1	Aplicabilidad.....	58
2.5.7.2	Cálculo Temperatura de referencia: .....	60
2.5.8	Daños por Fuego .....	60
2.5.9	Laminaciones.....	61
3.	MARCO METODOLÓGICO .....	63
3.1	METODOLOGÍA EXTREMA XP .....	63
3.2	FASES DE LA METODOLOGÍA XP.....	63
3.2.1	Primera Fase: Planificación del proyecto .....	63
3.2.1.1	Historias de usuario. ....	63
3.2.1.2	Release planning. ....	64
3.2.1.3	Iteraciones. ....	64
3.2.1.4	Velocidad del proyecto.....	64
3.2.1.5	Programación en Pareja. ....	65
3.2.1.6	Reuniones Diarias.....	65
3.2.2	Segunda Fase: Diseño.....	65
3.2.2.1	Diseños simples.....	65
3.2.2.2	Riesgos.....	65
3.2.2.3	Funcionalidad extra.....	65
3.2.2.4	Refactorizar .....	66
3.2.2.5	Tarjetas C.R.C .....	66
3.2.3	Tercera Fase: Codificación .....	66
4.	RESULTADOS OBTENIDOS.....	68
4.1	PLATAFORMA Y MODO DE OPERAR.....	68
4.2	ESTRUCTURA FUNCIONAL .....	68
4.2.1	Diseño del Software SIMAT .....	68

4.3	TABLA DE HISTORIAL DE LAS INSPECCIONES.....	77
4.4	DIAGRAMAS DE CASOS DE USO.....	77
	CONCLUSIONES.....	81
	RECOMENDACIONES.....	82
	BIBLIOGRAFÍA.....	83
	ANEXOS .....	85

## LISTAS DE FIGURAS

	Pág.
Figura. 1. Procedimiento de Evaluación para varias Clases de Daños .....	25
Figura. 2. a) Daños HIC .....	55
Figura. 3. b) Daños HIC en la proximidad de una soldadura .....	55
Figura. 4. c) Ampollas .....	56
Figura. 5. Medidas del defecto .....	61
Figura. 6. Ventana principal Software SIMAT .....	69
Figura. 7. Ventana Selección de Actividades .....	69
Figura. 8. Ventana selección de opciones .....	70
Figura. 9. Ventana consultar inspecciones.....	70
Figura. 10. Ventana selección de fractura frágil .....	71
Figura. 11. Ventana Opciones de fractura frágil .....	71
Figura. 12. Ventana opciones de corrosión erosión.....	72
Figura. 13. Ventana opciones de daños mecánicos .....	72
Figura. 14. Ventana daño por creep .....	73
Figura. 15. Daños por fuego.....	73
Figura. 16. Datos para Grietas.....	74
Figura. 17. Datos y dimensiones para tanques API 650 .....	74
Figura. 18. Datos y dimensiones recipiente a presión .....	75
Figura. 19. Ventana de datos para recipientes .....	75
Figura. 20. Datos puntos de espesor.....	76
Figura. 21. Perfil de espesores.....	76
Figura. 22. Tabla de inspecciones.....	77
Figura. 23. Caso de uso de una inspección.....	77
Figura. 24. Descripción del caso de uso inspección .....	78
Figura. 25. caso de uso consulta de inspecciones .....	78
Figura. 26. Logros cumplidos .....	79

Figura. 27. Cálculos de la Tensión Admisible.....	121
Figura. 28. Cálculo del MAT .....	122
Figura. 29. Planos de Inspección y el Perfil de Espesor Crítico:.....	123
Figura. 30. Ejemplo de las figuras usadas para la evaluación: Grieta paralela a la soldadura en una placa plana .....	124
Figura. 31. Procedimiento de Evaluación – Fractura Frágil .....	125
Figura. 32. Procedimiento de Evaluación – Pérdida de Metal .....	126
Figura. 33. Procedimiento de Evaluación- Corrosión por Picado.....	127
Figura. 34. Procedimiento de Evaluación .....	128
Figura. 35. Procedimiento de Evaluación - Desalineamiento de Soldadura y Distorsiones	129
Figura. 36. Procedimiento de Evaluación – Grietas.....	130
Figura. 37. Procedimiento de Evaluación-Daños por fuego.....	131
Figura. 38. Grafica estándar 6.3 a 6.10 del API 579-1/ ASME FFS-1 utilizadas para compararlas con el daño real:.....	132
Figura. 39. Grafica estándar 6.3 a 6.10 del API 579-1/ ASME FFS-1 utilizadas para compararlas con el daño real:.....	140

## LISTAS DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Resumen de los datos necesarios para la evaluación de los daños.	101
Tabla 2. Tablas de tolerancias de fabricación, desalineación de soldadura y distorsiones .....	102
Tabla 3. Tabla de toma de DATPS para daños por HIC .....	106
Tabla 4. Asignación de materiales a las curvas de exención .....	106
Tabla 5. Factor de resistencia recomendada basada en el código de designación .....	107
Tabla 6. Asignación de materiales a los materiales de temperatura en curvas de exención figura 3.4 .....	109
Tabla 7. Ecuaciones de las curvas incluidas en las figuras 3.2 3.4, 3.6, 3.7, 3.8, 3.10 .....	111
Tabla 8. Calculos del COV.....	112
Tabla 9. Criterios de aceptación para pérdida de metal general para nivel 1 .....	113
Tabla 10. Resumen de inspección requerido para la evaluación de la pérdida general metal.....	115
Tabla 11. Modelo de cálculo del coeficiente de variación (cov) para punto de ESP .....	116
Tabla 12. Descripción de las zonas de exposición al calor para evaluar daños por fuego .....	117
Tabla 13. Zonas de exposición al calor.....	118
Tabla 14. Tabla de toma de datos para laminaciones.....	119
Tabla 15. Niveles de exposición al calor .....	120

## LISTAS DE ANEXOS

	Pág.
Anexo A. Planeación: historias de los usuarios.....	85
Anexo B. Tablas .....	101
Anexo C. Ilustraciones .....	121
Anexo D. Capacitación de usuarios .....	148
Anexo E. Elaboración y diseño .....	152

## ILUSTRACIONES

	Pág.
Ilustración 1.	Diagrama de despliegue..... 152
Ilustración 2.	Ingreso al hosting ..... 153
Ilustración 3.	Ingreso de datos..... 153
Ilustración 4.	Ingreso al registro histórico..... 154
Ilustración 5.	Ingreso a la Tabla..... 154
Ilustración 6.	Ingreso a contenido de la tabla..... 155
Ilustración 7.	Ingreso al registro de Inspecciones ..... 155
Ilustración 8.	Layout recipiente a presión..... 156
Ilustración 9.	Vistas de los Layouts..... 157
Ilustración 10.	Propiedades del layout ..... 158
Ilustración 11.	Variables del layout ..... 159
Ilustración 12.	Llamado a la función MAT ..... 160
Ilustración 13.	Final del código .JAVA..... 160
Ilustración 14.	Radio Group ..... 161
Ilustración 15.	Número del formato ..... 162
Ilustración 16.	Definición de variables ..... 164
Ilustración 17.	Variables Doubles ..... 165
Ilustración 18.	Variables Públicas ..... 166
Ilustración 19.	Función Handler ..... 167
Ilustración 20.	Conexión con el web service ..... 168
Ilustración 21.	Detención de Errores..... 170
Ilustración 22.	Función Catch ..... 171
Ilustración 23.	Datos del Equipo ..... 172
Ilustración 24.	Launcher ..... 173
Ilustración 25.	Campos De la Inspección..... 173

## RESUMEN

### TÍTULO:

HERRAMIENTA SOFTWARE PARA DISPOSITIVOS MÓVILES, ORIENTADA AL ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DEL DAÑO PRESENTE EN EQUIPOS DE LA INDUSTRIA DEL SECTOR PETROQUÍMICO BASADO EN LA NORMA API RP 579 (FITNESS-FOR-SERVICE).\*

### AUTOR (ES):

Yeimy Katherine Galvis Duarte  
Leydi Johanna Saavedra Quintero\*\*

### PALABRAS CLAVES:

Norma API RP 579, Fitness for Service, Evaluación de Integridad, SIMAT,

### DESCRIPCIÓN:

El presente proyecto consiste en el desarrollo de un software para dispositivos móviles basado en el estudio, análisis y evaluación de la Norma API RP 579 Fitness for Service (FFS), la cual consiste en un análisis ingenieril multidisciplinario de un equipo para determinar si es seguro y apto para el servicio continuo hasta el final de un período de operación deseado.

El software se desarrolló con el fin de que este permita seguir una secuencia lógica de la metodología de evaluación de la norma; contiene nueve secciones las cuales evalúan un mecanismo de daño: Fractura Frágil, Pérdida General de Metal, Pérdida Localizada de Metal, Corrosión por Picado, Daños por Hidrogeno, Desalineación de Soldadura y Distorsiones, Daños por Fuego, Grietas, Laminaciones y Daños por Creep. FFS determina si el componente es apto para seguir operando normal, si necesita ser reevaluado en capacidad de operación o si hay que cambiarlo o repararlo.

La metodología para el desarrollo del software está estructurada en la metodología de programación extrema (XP), la cual es una metodología ágil, que maneja un diseño incremental en el desarrollo del software. Se seleccionó esta metodología por la comunicación continua que mantiene entre el usuario y la aplicación en desarrollo; y la permanente realización de pruebas que se realizan, ya que de esta manera se mantiene un código claro y sencillo.

---

\* Trabajo de Grado

\*\* Facultad de Ingenierías Físico - Mecánicas, Escuela de Ingeniería de Sistemas e Informática  
Director: Carlos Felipe Reyes Contreras

## ABSTRACT

### TITLE:

SOFTWARE TOOL FOR MOBILE DEVICES ORIENTED ANALYSIS AND EVALUATION THIS DAMAGE IN EQUIPMENTS PETROCHEMICAL INDUSTRY SECTOR BASED ON THE STANDARD API RP 579 (FITNESS-FOR-SERVICE).\*

### AUTHORS

Yeimy Katherine Galvis Duarte  
Leydi Johanna Saavedra Quintero\*\*

### KEYWORDS

API RP 579 Norm, Fitness for Service, Integrity Evaluation, SIMAT

### DESCRIPTION

This project is about the development of a software tool for mobile devices, based in the study, analysis and evaluation of the API RP 579 Norm Fitness For Service (FFS), which is about an multi-disciplinary engineering analysis of a team to establish if it is safe and suitable for continuous service until the end of a wanted operation period.

The software was developed with the goal of this to allow following a logic sequence of the evaluation methodology of the norm; it contains nine sections, which test a damage mechanism; Fragile Breakage, General Loss of Metal, Located Loss of Metal, Pitting Corrosion, Damages by Hydrogen, Weld Misalignment and Distortions, Damages by Fire, Cracks, Laminations and Damages by Creep. FFS determines if the component is suitable to keep itself operating normally, if it needs to be re-tested in operating capacity or if it has to be replaced or repaired.

The methodology for the development of the software is structured in the methodology of Extreme Programming (XP), which is an agile methodology that handles an increasing design in software development. This methodology was selected because of the continuous communication that keeps between the user and the in-development application; and the permanent making of tests, because in this way a simple and clear code is kept.

---

\* Thesis work

\*\* Faculty of Physical-Mechanical Engineering. Systems engineering school. Director: Systems Engineer, Carlos Felipe Reyes Contreras

## INTRODUCCIÓN

La integridad como propiedad de un equipo que conteniendo uno o más defectos puede mantenerse en operación con un riesgo aceptable de pérdida de funcionalidad; implica un gerenciamiento en el diseño, fabricación-instalación, operación, inspección, mantenimiento y remplazo oportuno; con el fin de prevenir fallas, accidentes o riesgos para las instalaciones y al medio ambiente.

El interés de la industria por garantizar la seguridad del personal de planta, además de optimizar la operación y mantenimiento de las instalaciones existentes para mantener su disponibilidad y mejorar la viabilidad económica a largo plazo; son factores que hacen que el estudio de la norma API 579 sea fundamental e importante.

Por lo tanto se desarrolló un software para dispositivos móviles, con el fin de ayudar al inspector a realizar un análisis profundo, claro, rápido y preciso del equipo evaluado, lo cual le ayudará a decidir si un equipo se puede reparar, monitorear, alterar, reemplazar o si puede seguir operando, dependiendo del nivel de daño.

Las principales ventajas de este software son la funcionalidad y la usabilidad, al ser desarrollado para dispositivos móviles usando la plataforma ANDROID, este se podrá llevar a cualquier lugar; así el inspector podrá hacer un análisis rápido, obteniendo resultados inmediatos, evitando grandes pérdidas económicas para la industria y posibles desastres ambientales.

## **1. ASPECTOS GENERALES**

### **1.1 OBJETIVOS**

#### **1.1.1 Objetivo General**

Desarrollar una herramienta software para dispositivos móviles usando la plataforma ANDROID, orientada al análisis y la evaluación del daño presente en equipos de la industria del sector petroquímico, aplicando la norma API RP 579 (Fitness-for-service).

#### **1.1.2 Objetivos Específicos**

- Analizar los requisitos funcionales y operativos del sistema, en base a los procesos de la norma API RP 579 y las necesidades del usuario.
- Elaborar de la herramienta a desarrollar de manera que satisfaga las expectativas del cliente respecto a usabilidad del producto.
- Implementar la herramienta bajo la plataforma Android, que facilite guardar y consultar resultados, únicamente cuando exista conexión web.
- Probar la herramienta en sus diferentes actividades funcionales junto con el cliente con el fin de verificar interfaces y resultados esperados.
- Capacitar a los usuarios para que ellos puedan hacer un manejo adecuado de la herramienta.

## 1.2 JUSTIFICACIÓN

Hace unos años la industria petroquímica buscaba solucionar los problemas que se presentaban en los equipos. Una alternativa se logra con el desarrollo de normas que garantizan el análisis y la evaluación correcta de equipos presentes en este tipo de industrias. Esta solución resulta compleja al realizarse manualmente. Se han desarrollado soluciones software que aplican la norma API RP 579 pero no son populares y algunas son desarrollos privados. Para el medio colombiano es una novedad y de ahí la importancia de su desarrollo.

Analizando las labores que ejecuta el inspector en su lugar de trabajo y la importancia de sus decisiones al evaluar un posible daño o riesgo en un equipo; se requiere el desarrollo de un software para dispositivos móviles que sea práctico y al alcance de su mano; de tal manera que el riesgo de falla asociado al funcionamiento de los equipos se administre sistemáticamente y en el mismo sitio donde se encuentre el daño.

El desarrollo de este software permitirá al inspector un análisis profundo, claro, rápido y preciso del equipo evaluado, lo cual le ayudará a decidir si un equipo se puede reparar, monitorear, alterar, reemplazar o si puede seguir operando, dependiendo del nivel de daño.

Las principales ventajas de este software son la funcionalidad y la usabilidad, al ser desarrollado para dispositivos móviles usando la plataforma ANDROID, este se podrá llevar a cualquier lugar; así el inspector podrá hacer un análisis rápido, obteniendo resultados inmediatos, evitando grandes pérdidas económicas para la industria y posibles desastres ambientales

## **2. MARCO TEORICO**

### **2.1 NORMA API 579-1/ASME FITNESS-FOR-SERVICE**

La aptitud para el servicio (Fitness-For-Service, FFS) es un conjunto de evaluaciones cuantitativas que sirven para demostrar la integridad estructural de un determinado equipo, que contiene un daño o defecto, y también para determinar bajo que nuevas condiciones puede continuar operando, para ello el Instituto Americano del Petróleo ha desarrollado la norma API 5791.

Cualquier elemento de cualquier equipo al estar operando sufre una degradación de su estado original de fabricación como consecuencia de algún mecanismo de daño. Esta degradación puede ser encontrada durante las respectivas inspecciones que se le hagan al equipo.

Al realizar un programa de evaluaciones de aptitud para el servicio (FFS), se pretende analizar el estado integral del componente conociendo el mecanismo de daño. Las técnicas empleadas para evaluar la integridad del elemento incluyen los siguientes mecanismos de daño: fractura frágil, corrosión general, corrosión localizada, corrosión por picado, daños por hidrogeno, irregularidades geométricas, creep, daños por fuego, grietas y laminaciones.

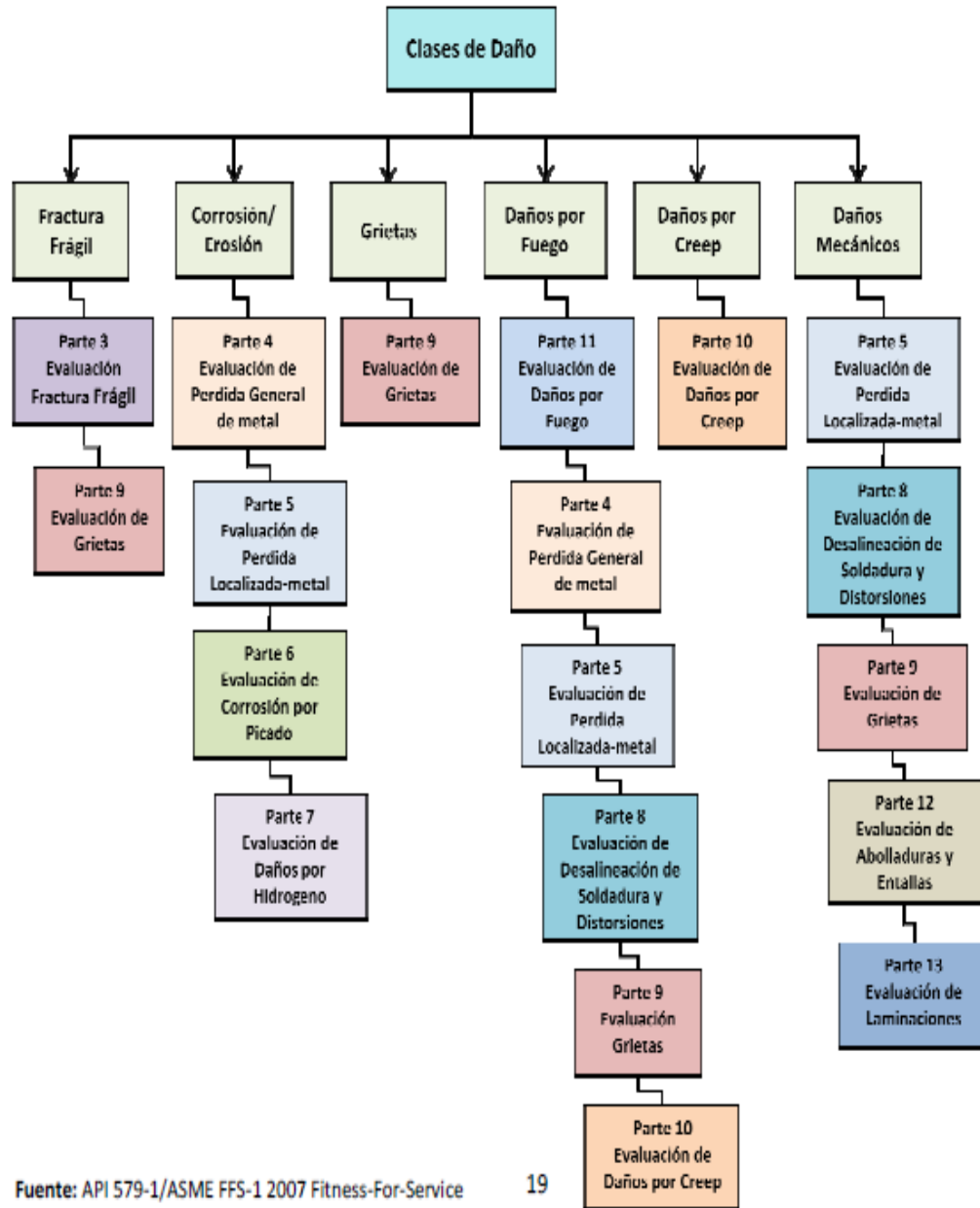
Las evaluaciones FFS consisten en métodos de análisis para evaluar fallas y daños, que por lo general requieren un enfoque interdisciplinario que consiste en lo siguiente:

- Conocimiento de los mecanismos de daño/comportamiento del material.
- Conocimiento del pasado y futuro de las condiciones operacionales e interacción con el personal operativo.

- Ensayos no destructivos (NDE) localización y tamaño de la falla.
- Propiedades de los materiales (efectos ambientales).
- Análisis de esfuerzos (análisis de elementos finitos).
- Análisis de datos (ingeniería de modelos de fiabilidad)
- Los procedimientos de evaluación de esta Norma se pueden utilizar para equipos
- Diseñados y construidos por los siguientes códigos:
  - a) ASME B&PV Code, Section VIII, Division 1
  - b) ASME B&PV Code, Section VIII, Division 2
  - c) ASME B&PV Code, Section I
  - d) ASME B31.1 Piping Code
  - e) ASME B31.3 Piping Code
  - f) API 650
  - g) API 620
- También se ofrecen directrices para la aplicación de la norma a recipientes a presión construidos con otros códigos y estándares reconocidos

## 2.2 DISEÑO ESTRUCTURADO DE LA NORMA:

Figura. 1. Procedimiento de Evaluación para varias Clases de Daños



Fuente: API 579-1/ ASME FFS-1 2007 Fitness-For-service pag.19

## 2.3 METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN

La metodología usada para cada mecanismo de daño (parte 3 a parte 13) está prevista en los siguientes ocho pasos:

**Paso 1** - Identificación de fallas y mecanismos de daño: El primer paso dentro de una evaluación de aptitud para el servicio, consiste en identificar el tipo de defecto y la causa de daño. La evaluación no debe realizarse a menos que la causa del daño pueda ser identificada. El diseño original, material de fabricación, el historial de servicio y las condiciones ambientales pueden ser útiles para determinar la causa probable de daños.

**Paso 2** - Aplicabilidad y las limitaciones de los procedimientos de evaluación: es decir debe determinarse si el equipo o elemento que va a ser analizado está dentro de lo estudiado por la norma.

**Paso 3** - Requerimientos de datos: dependen del tipo de defecto o mecanismo de daño que se está evaluando. Los datos requeridos pueden incluir: datos de diseño del equipo, información del mantenimiento e historia operativa y datos específicos como tamaño de defecto, estado de esfuerzos del componente en la localización de la falla y propiedades del material.

**Paso 4** - Técnicas de evaluación y criterios de aceptación: Aquí se emplean los niveles de evaluación (nivel 1, nivel 2, nivel 3) con los criterios de aceptación, los mismos que son empleados para determinar si el equipo puede o no volver a operar.

**Paso 5** - Evaluación de la vida remanente: es importante conocer la vida remanente de un determinado elemento ya que ésta es usada para establecer los adecuados intervalos de inspección.

**Paso 6** - Remediación: determinada la vida remanente de un determinado elemento, la norma sugiere adecuados métodos de reparación para cada nivel de evaluación, en algunos casos las técnicas de reparación pueden ser utilizadas para el control de daños futuros asociados con el crecimiento de fallas y / o degradación del material.

**Paso 7** - Monitoreo en servicio: esto es necesario debido a que con un adecuado sistema de monitoreo, se puede incrementar el tiempo de vida del elemento; puede ser usado en todos los casos en que, la vida remanente y el intervalo de inspección no pueden ser establecidos adecuadamente debido a la complejidad asociada al mecanismo de daño y ambiente de servicio.

**Paso 8** - Documentación: debe incluir un registro de todos los datos y las decisiones tomadas en cada uno de los pasos previos para calificar el componente para la operación continua.

## **2.4 CRITERIOS DE ACEPTACIÓN**

Cada una de las metodologías de evaluación utiliza uno o más de los siguientes criterios de aceptación

### **2.4.1 Tensión Admisible (Allowable Stress)**

Este criterio de aceptación se basa en el cálculo de las tensiones resultantes en diferentes condiciones de carga, la clasificación y la superposición de los esfuerzos resultantes

Tensión Admisible = Resistencia del Material / Factor de seguridad

Ver figura 2. Anexo C

## 2.4.2 Factor de Esfuerzo Remanente:

Este concepto se utiliza para medir la aceptabilidad de un componente para continuar en servicio. Se define con la siguiente relación:

$$RSF = \frac{L_{DC}}{L_{UC}}$$

**Fuente:** API 579-1/ ASME FFS-1 2007 Fitness-For-service pag.31

*RSF* = Factor de Esfuerzo Remanente

*LDC* = Carga limite o de colapso plástico de componentes con defectos

*LUC* = Carga limite o de colapso de componentes sin defectos

Tenemos que:

*RSFa* = Factor de Esfuerzo Remanente Permisible; por lo tanto si:

$$RSF \geq RSF_a$$

**Fuente:** API 579-1/ ASME FFS-1 2007 Fitness-For-service pag.29

El componente dañado puede ser devuelto al servicio, y si:

$$RSF < RSF_a$$

El componente dañado puede ser reparado y re-evaluado

A partir del *RSF* calculamos:

*MAWPr* = máxima presión de operación admisible con defectos

$$MAWPr = MAWP \left( \frac{RSF}{RSF_a} \right)$$

Para  $RSF < RSF_a$

**Fuente:** API 579-1/ ASME FFS-1 2007 Fitness-For-service pag.30

Donde:

MAWP = máxima presión de operación admisible determinada por el código de proyecto

$$MAWP_r = MAWP \quad RSF \geq RSF_a$$

para

**Fuente:** API 579-1/ ASME FFS-1 2007 Fitness-For-service pag.31

### 2.4.3 Diagrama de Evaluación de Falla (FAD)

Proporciona una medida de aceptabilidad de un componente comparando en primer lugar el factor de intensidad de tensiones con la tenacidad a fractura del material y, en segundo lugar, la carga aplicada con la que produce el colapso plástico. Dichas condiciones son sin embargo insuficientes, ya que al no tener en cuenta la interacción fractura-colapso plástico nos encontramos con situaciones que, consideradas aceptables, corresponden a situaciones reales en las que se produce la rotura de la estructura. Queda por lo tanto establecida la necesidad de tener en cuenta la interacción entre fractura y colapso. Para ello necesitamos una relación entre las variables.

$L_r = \sigma_{ref}/\sigma_{ys}$  relación de carga; y

$K_r = K_i/K_{MAT}$  relación de tenacidad

Evaluadoras de la seguridad frente a colapso plástico y fractura respectivamente, donde:

$\sigma_{ref}$ : esfuerzo de referencia

$\sigma_{ys}$ : esfuerzo de fluencia del material

$K_i$ : factor de intensidad de esfuerzos

$K_{MAT}$ : tenacidad a la fractura del material

**Fuente:** API 579-1/ ASME FFS-1 2007 Fitness-For-service pag.33

Relación que, además, ha de representar una situación crítica, es decir, ha de separar situaciones aceptables de no aceptables como se representa en la figura.

## **2.5 MECANISMOS DE DAÑO**

### **2.5.1 Fractura Frágil**

Esta evaluación se requiere:

- Cuando algún cambio en el proceso aumenta la posibilidad de tener bajas temperaturas del metal.
- Cuando un análisis de riesgo indica la posibilidad de que temperaturas más bajas y/o presiones más altas que aquellas esperadas en el proyecto puedan acontecer (en el arranque, operación, parada o situación anómala – Ej.: un derrame)
- Posibilidad de reducción del factor de seguridad
- La condición del equipo garantiza la evaluación
- Cuando es necesario determinar la temperatura mínima para la realización del test hidrostático

**2.5.1.1 CET: “Critical exposition temperature” Temperatura Crítica de Exposición.** Es la menor temperatura que el metal pueda experimentar durante su exposición al ambiente y durante el arranque, parada, operación continua (o en situación anómala causada por un derrame) donde la tensión actuante sea >55 MPa. Temperatura a la cual sucede auto refrigeración o enfriamiento brusco (shockchilling) Un promedio de temperaturas o la CET está definida por los códigos de diseño.

**2.5.1.2 MAT.** “minimum allowable temperature” Temperatura mínima admisible

Es la temperatura mínima admisible para un material dado, teniendo en consideración su espesor y su resistencia a la fractura frágil.

**2.5.1.3 Determinación del MAT.** A partir de los ensayos de impacto considerando las temperaturas requeridas por el ASME 1 o 2; se usan las curvas de exención de estos ensayos:

1. Determinar la curva (A, B, C o D) del material a través de la tabla 3.2 del API/ASME 579; (anexo B.)

Determinar el MAT de la figura 3.4 del API/ASME 579; figura 3, usando la curva del material y el espesor gobernante ( $t_g$ ) del componente en cuestión.

Ver Figura3. Anexo C.

3. Reducción del MAT: es posible reducir el MAT en 17°C (30°F) sí:

- El componente fue fabricado con materiales P1, grupo 1 o 2 - ASME IX
- $t$  (espesor) < 38mm(1,5 pulg)
- PWHT realizado y sin alteración estructural posterior

Componentes que tengan un CET mayor o igual al MAT pueden continuar operando de una forma segura, siempre y cuando no cambien las condiciones de operación. Si se realizan cambios en las condiciones de operación una nueva evaluación debe realizarse.

1) ETAPA 1 - Determinar el punto de partida del MAT usando una de las siguientes dos opciones:

- i) Opción A - La MAT se determina mediante la Opción A, etapa 1.4 de la sección 3.4.2.1.c). no aplicar la reducción de PWHT en el PASO 1.5.
- ii) Opción B - La MAT se determinó a través de la opción B de la etapa 1 de la sección 3.4.2.1.c).
- 2) PASO 2 - Para el componente de que se trate, determinar los siguientes parámetros:
- i) Todas las cargas aplicables y coincidentes Temperaturas mínima permitida. Un resumen de las cargas que se debe considerar se incluye en la Tabla A.1 del anexo A.
- ii) la pérdida de metal anterior asociado con el espesor nominal, PÉRDIDA. LOSS.
- iii) Subsidio a la corrosión futura asociada con el espesor nominal, FCA.
- iv) Weld eficiencias conjuntas, E y E \*.
- v) espesor requerido en la condición de corrosión para todas las cargas aplicables,  $t_{min}$ , utilizando la aplicación soldar la eficiencia conjunta.
- 3) ETAPA 3 - Determinar la relación de tensiones,  $t_s R$ , utilizando una de las ecuaciones que se muestran a continuación. Tenga en cuenta que esta relación se puede calcular en términos de espesores y soldar eficiencias conjuntas, y aplica permisible estrés o presión y la presión admisible sobre la base de valores de presión-temperatura aplicada.

$$R_{ts} = \frac{t_{min} E^*}{t_g - LOSS - FCA} \quad (\text{Thickness Basis})$$

$$R_{ts} = \frac{S^* E^*}{SE} \quad (\text{Stress Basis})$$

$$R_{ts} = \frac{P_a}{P_{rating}} \quad (\text{Pressure-Temperature Rating Basis})$$

**Fuente:** API 579-1/ ASME FFS-1 2007 Fitness-For-service pag.34

4) Paso 4 - Determine la reducción de la MAT en base a la relación de TS R.

i) Si se establece el punto de partida para la MAT utilizando la opción A en el PASO 1, entonces:

I) Si el valor calculado de la relación ts R desde el paso 3 es menor o igual a la tasa de intervalo ts R de la Figura 3.7, a continuación, establezca la MAT a 104°C (-155° F).

II) Si el valor calculado de la relación de TS R de la etapa 3 es mayor que el umbral de relación de TS R de la Figura 3.7, a continuación, determinar la reducción de la temperatura, RT, basado en la relación TS R usando la Figura 3.7.

El MAT reducida se puede calcular utilizando la siguiente ecuación:

$$MAT = \max \left[ (MAT_{STEP1} - T_R), -48^\circ C (-55^\circ F) \right]$$

**Fuente:** API 579-1/ ASME FFS-1 2007 Fitness-For-service pag.36

ii) Si se establece el punto de partida para la MAT utilizando la opción B en el PASO 1, el MAT reducida se determina mediante la ecuación

$$MAT = \max \left[ (MAT_{STEP1} - T_R), -104^\circ C (-155^\circ F) \right]$$

**Fuente:** API 579-1/ ASME FFS-1 2007 Fitness-For-service pag.38

5) PASO 5 – El MAT se determinó en el paso 4, puede reducirse aún más si se cumplen todas las condiciones siguientes:

- i) el punto de partida de la MAT en el PASO 1 se determinó mediante la Opción A,
- ii) el componente se fabrica a partir de P1 o P1 Grupo 1 Grupo 2 de material,
- iii) el componente tiene un espesor de pared que es menor o igual a 38 mm (1,5 pulgadas), y
- iv) el componente estaba sujeto a térmicamente después del soldeo y el estado de la térmicamente después del soldeo no se ha cambiado debido a las reparaciones

$$MAT = MAT_{STEP5} - 17^{\circ}C (30^{\circ}F)$$

**Fuente:** API 579-1/ ASME FFS-1 2007 Fitness-For-service pag.41

6) PASO 6 - Repita los pasos 1 a 5 para todos los componentes que se está evaluando (por ejemplo, recipientes a presión o sistema de tuberías). El MAT para el equipo es el valor más alto obtenido por cualquiera de los componentes.

c) Cuando la evaluación de los componentes con un espesor de metal por debajo del espesor mínimo requerido,  $t_{min}$ , como se permite en la Parte 4, la parte 5 y la parte 6,  $t_{min}$  se basa en el espesor mínimo requerido del componente sin daños en las condiciones de diseño.

### **2.5.2 Pérdida General - Localizada de Metal**

Esta parte se usa principalmente para evaluar pérdidas de material producto de la corrosión y erosión, y permitir así que un componente pueda seguir operando o no.

El procedimiento para la evaluación en esta sección se basa principalmente en tomar valores de espesor del componente para luego hacer un promedio que proporciona un resultado conveniente para la evaluación.

Para el procedimiento de evaluación se toman aspectos como medidas de espesores tanto internos como externos ya que la pérdida de material puede ocurrir de esa manera y dependiendo de la cantidad de datos que se tomen será la precisión de los resultados.

Se aplica a equipos diseñados de acuerdo a los códigos reconocidos. El área de estudio debe estar libre de concentradores de esfuerzos: muescas, ranura, abolladuras, deformaciones mecánicas.

Los esfuerzos cíclicos del componente deben estar por debajo de 150 ciclos.  
La sección debe estar libre de grietas.

### **2.5.2.1 Localización y caracterización de la zona con la pérdida de metal**

Dos opciones para la obtención de datos de espesor:

PTR—"point thickness readings": Lecturas de puntos de espesor

Medición punto a punto sin levantar un perfil - se basa en simples cálculos estadísticos para determinar si la pérdida de espesor es generalizada y uniforme.

Uso de la inspección visual para comprobar la pérdida de espesor uniforme y Localizar los puntos para sus mediciones. Tome la lectura en un mínimo de 15 puntos para las regiones de interés.

CTP—"critical thickness profile": Perfil de espesores Un perfil de la región crítica con la pérdida de espesor se realiza. Espacio mínimo entre los puntos de medición de espesor y número mínimo de medidas: Mínimo de 5 puntos para cada dirección dentro de una malla situada en la región de interés. Se establece un espaciamiento máximo entre puntos donde no es posible la inspección visual de los puntos de mayor interés.

**2.5.2.2 PTR—"point thickness readings".** Si el coeficiente de variación (COV) de las lecturas de espesor es superior al 10%, entonces, los perfiles de espesor (CTP) deberán ser considerados para su uso en la evaluación. El COV se define como la desviación estándar dividida por el promedio de espesores.

Ver Figura 4. Anexo C

**Calculo del Espesor mínimo requerido (t<sub>min</sub>):** parámetro que se necesita para la evaluación

$$t_{\min}^C = \frac{PR}{SE - 0.6P}$$

$$t_{\min} = \max [ t_{\min}^C, t_{\min}^L ]$$

$$t_{\min}^L = \frac{PR}{2SE + 0.4P}$$

Donde:

**t<sub>min</sub>:** espesor mínimo requerido

**t<sub>min,c</sub>:** espesor mínimo calculado según la tensión que actúa en la dirección circunferencial

**t<sub>min,L</sub>:** espesor mínimo calculado según la tensión que actúa en la dirección longitudinal

**P:** presión de diseño

**R:** radio interno corregido

**S:** tensión admisible

**E:** eficiencia de la junta soldada

**Fuente:** API 579-1/ ASME FFS-1 2007 Fitness-For-service pag.50

RSF: Factor de esfuerzo remanente

RSFa: Factor de esfuerzo remanente permisible

Q: Factor utilizado para determinar la longitud de espesor promedio

PASOS

a) Paso 1 - Determinar la CTP (véase el párrafo 5.3.3.2).

b) PASO 2 - Determinar el espesor de la pared para ser utilizado en la evaluación utilizando la ecuación (5.3) o de la Ecuación (5.4), según corresponda.

$$t_c = t_{nom} - LOSS - FCA$$

$$t_c = t_{rd} - FCA$$

**Fuente:** API 579-1/ ASME FFS-1 2007 Fitness-For-service pag.53

c) Paso 3 - Determinar el espesor mínimo medido en el LTA,  $t_{mm}$ , y la dimensión,  $s$ , (véase el apartado 5.3.3.2.b) para la CTP.

d) Paso 4 - Determine la relación de espesor restante utilizando la ecuación (5.5) y la longitud de falla longitudinal parámetro utilizando la ecuación (5.6).

$$R_t = \frac{t_{mm} - FCA}{t_c}$$

$$\lambda = \frac{1.285s}{\sqrt{Dt_c}}$$

**Fuente:** API 579-1/ ASME FFS-1 2007 Fitness-For-service pag.59

e) PASO 5 - Comprobar los criterios de tamaño fallas limitantes, si se cumplen los siguientes requisitos, vaya al paso 6, en caso contrario, el fallo no es aceptable por el procedimiento de Evaluación de Nivel 1

$$R_t \geq 0.20$$

$$t_{mm} - FCA \geq 2.5 \text{ mm (0.10 inches)}$$

$$L_{msd} \geq 1.8\sqrt{Dt_c}$$

**Fuente:** API 579-1/ ASME FFS-1 2007 Fitness-For-service pag.70

f) PASO 6 - Si la región de la pérdida de metal se clasifica como un LTA (es decir, la LTA no es una ranura), continúe con el paso 7. Si la región de la pérdida de metal se clasifica como una ranura y la ecuación (5.10) se satisface, continúe con el paso 7. De lo contrario, el surco se evaluará como un crack como defecto equivalente utilizando los procedimientos de evaluación de la parte 9. En esta evaluación, la profundidad de la grieta será igual a la profundidad de la ranura y la longitud de la grieta será igual a la longitud del surco.

$$g_r \geq (1 - R_t)t_c$$

g) PASO 7 - Determinar la PSMA para el componente (véase el Anexo A, párrafo A.2) con el espesor de la Etapa 2.

h) PASO 8 - Anote la Figura 5.6 para una cubierta cilíndrica o en la Figura 5.7 para una cáscara esférica con los valores calculados de  $\lambda$  y  $t R$ . Si el punto definido por la intersección de estos valores está en o por encima de la curva, a continuación, la extensión longitudinal (extensión circunferencial o meridional para cáscaras esféricas y las cabezas formadas) de la falla es aceptable para el funcionamiento en la PSMA determinado en el paso 7. Si el defecto es inaceptable, determinar la RSF con la ecuación (5.11). Si un  $RSF \geq R_{SF}$ , entonces la región de la pérdida de metal local es aceptable para el funcionamiento de la PSMA determinado en el paso 7. Si un  $RSF < R_{SF}$ , la región de la pérdida de metal local es aceptable para el funcionamiento en MAWPr, donde MAWPr se calcula utilizando las ecuaciones en la Parte 2, apartado 2.4.2.2. El PSMA del STEP 7 se utiliza en este cálculo.

$$RSF = \frac{R_t}{1 - \frac{1}{M_t}(1 - R_t)}$$

**Fuente:** API 579-1/ ASME FFS-1 2007 Fitness-For-service pag.71

El parámetro  $t M$  en la ecuación (5.11) se determina a partir de la Tabla 5.2.

i) PASO 9 - La evaluación es completa para todos los tipos de componentes excepto los depósitos cilíndricos, conchas cónicas y los codos. Si el componente es una carcasa cilíndrica, cáscara cónica, o el codo, luego evaluar la extensión circunferencial del defecto mediante el siguiente procedimiento.

1) ETAPA 9.1 - Determinar el parámetro de longitud defecto circunferencial utilizando la ecuación (5.12).

$$\lambda_c = \frac{1.285c}{\sqrt{Dt_c}}$$

**Fuente:** API 579-1/ ASME FFS-1 2007 Fitness-For-service pag.72

2) PASO 9.2 - Si todas las condiciones siguientes, vaya al paso 9.3, de lo contrario, el defecto no es aceptable por el procedimiento de Evaluación de Nivel 1.

$$\lambda_c \leq 9$$

$$\frac{D}{t_c} \geq 20$$

$$0.7 \leq RSF \leq 1.0$$

$$0.7 \leq E_L \leq 1.0$$

$$0.7 \leq E_C \leq 1.0$$

**Fuente:** API 579-1/ ASME FFS-1 2007 Fitness-For-service pag.73

3) ETAPA 9.3 - Determinar el factor de resistencia a la tracción con la ecuación (5.18).

$$TSF = \frac{E_C}{2 \cdot RSF} \left( 1 + \frac{\sqrt{4 - 3E_L^2}}{E_L} \right)$$

**Fuente:** API 579-1/ ASME FFS-1 2007 Fitness-For-service pag.74

4) PASO 9.4 - Determinar la curva de selección en la Figura 5.8 Basado en TSF. Introduzca la figura 5.8 con los valores calculados de  $c$ ,  $\lambda$  y  $t_R$ . Si el punto definido por la intersección de estos valores está en o por encima de la curva de cribado, a continuación, la extensión circunferencial del defecto es aceptable por Nivel 1.

### Nivel de Evaluación 1

El procedimiento de evaluación siguiente se puede utilizar para evaluar los componentes de tipo A (véase el apartado 4.2.5) sometidas a la presión interna o externa cuando se utilizan los datos de lectura del espesor Point (PTR) a la que se caracteriza la pérdida de metal (véase el párrafo 4.3.3.2) .

a) Paso 1 - Determinar el espesor mínimo requerido,  $\min t$  (véase el Anexo A, párrafo A.2).

b) PASO 2 - Tome los datos de lectura de espesor de puntos de acuerdo con el apartado 4.3.3.2. A partir de estos datos, determinar el espesor mínimo medido,  $t_{\min}$ , el espesor promedio medido,  $\bar{t}$ , y el coeficiente de variación (COV). Una plantilla para calcular el COV se proporciona en la Tabla 4.3.

c) PASO 3 - Si el COV del paso 2 es menor o igual a 10%, a continuación, proceder al PASO 4 para completar la evaluación con el grosor medio,  $\bar{t}$ . Si el COV es mayor que 10%, entonces el uso de perfiles de espesor debe ser considerado para la evaluación (véase el párrafo 4.4.2.2).

d) Etapa 4 - La aceptabilidad para la operación continua puede establecerse mediante los criterios de nivel 1 en la Tabla 4.4. El promedio de grosor medido o PSMA criterio de aceptación se puede utilizar. En cualquier caso, deberá ser satisfecho el criterio de mínimo espesor.

El procedimiento de evaluación siguiente se puede utilizar para evaluar los componentes de tipo A (véase el apartado 4.2.5) sometidas a la presión interna o externa cuando se utilizan los datos del perfil espesor crítico (CTP) a la que se caracteriza la pérdida de metal (véase el párrafo 4.3.3.3).

Paso 1 - Determinar el espesor mínimo requerido,  $t_{min}$  (véase el Anexo A, párrafo A.2).

PASO 2 - Determinar los datos del perfil de espesor de acuerdo con el apartado 4.3.3.3 y determinar el espesor mínimo medido,  $t_{mm}$ .

Derecho de Autor American Petroleum Institute Por IHS bajo licencia con API

PASO 3 - Determinar el espesor de la pared para ser utilizado en la evaluación utilizando la ecuación (4.2) o la ecuación (4.3).

$$t_c = t_{nom} - LOSS - FCA \quad (4.2)$$

$$t_c = t_{rd} - FCA$$

PASO 4 - Calcular la relación de espesor restante,  $R_r$

$$R_r = \left( \frac{t_{mm} - FCA}{t_c} \right)$$

**Fuente:** API 579-1/ ASME FFS-1 2007 Fitness-For-service pag.75

PASO 5 - Calcular la longitud de espesor promedio,  $L$ , donde el parámetro  $Q$  se evalúa mediante la Tabla 4.5.

$$L = Q \sqrt{Dt_c}$$

**Fuente:** API 579-1/ ASME FFS-1 2007 Fitness-For-service pag.76

PASO 6 - Establecer los perfiles críticos Espesor (CTP) a partir de los datos del perfil de espesores (véase el párrafo 4.3.3.3). Determinar el espesor promedio medido  $s$  fondo  $t$  en el CTP longitudinal y la medios medidos espesor  $c$  pm  $t$  basan

en el CTP circunferencial. El promedio medido espesores  $s_{am t}$  y  $c_{am t}$ , se basará en la longitud  $L$  determinada en el paso 5. La longitud  $L$  se encuentra en la respectiva CTP de tal manera que el espesor promedio resultante es un mínimo.

PASO 7 - A partir de los valores de  $s_{am t}$  y  $c_{am t}$  desde el paso 6, determinar la aceptabilidad para la operación continua utilizando los criterios de Nivel 1 en la Tabla 4.4. El promedio de grosor medido o PSMA criterio de aceptación se puede utilizar. En cualquier caso, el espesor mínimo medido,  $m_{m t}$ , deberá satisfacer el criterio en la Tabla 4.4

### **2.5.3 Nivel de Evaluación 1**

La técnica de evaluación del nivel 1 utiliza gráficos pit estándar y la profundidad máxima de picadura en el área que está siendo evaluado para estimar un factor de fuerza que le quedaba, RSF. El daño de la superficie de la región sin hueso se caracteriza por hacer una comparación visual entre el daño real y un gráfico de pozo estándar. En base a la tabla de pozo que mejor se aproxima a la presente daños, el factor de fuerza restante se puede determinar usando la profundidad máxima de picadura medida.

El procedimiento de evaluación siguiente se puede utilizar para evaluar los componentes que cumplen las condiciones establecidas en el apartado 6.2.5.1. Para un tanque de almacenamiento atmosférico, el mismo procedimiento puede ser seguido a determinar un MFH reemplazando la PSMA del MFH, y determinar la MFH utilizando las ecuaciones del código aplicable para un proyectil de tanque.

- a) Paso 1 - Determinar los parámetros siguientes:  $D$ , FCA, ya sea  $r_{d t}$  o  $t_{nom}$  y la pérdida.

- b) PASO 2 - Determinar el espesor de la pared para ser utilizado en la evaluación utilizando la ecuación (6.1) o de la Ecuación (6.2), según corresponda.

$$t_c = t_{nom} - LOSS - FCA$$

$$t_c = t_{rd} - FCA$$

**Fuente:** API 579-1/ ASME FFS-1 2007 Fitness-For-service pag.76

- c) PASO 3 - localizar la zona en el componente que tiene la densidad más alta de daños picaduras basado en el número de pozos. Obtener fotografías (incluye escala de referencia), o calcos de esta área para registrar la cantidad de daños en la superficie.

- d) Paso 4 - Determine la profundidad del foso máximo, max w, en la región de los daños picaduras se está evaluando.

- e) PASO 5 - Determinar la relación entre el espesor de la pared restante para el futuro espesor de la pared en la región sin hueso utilizando la ecuación (6.3). En la ecuación (6.3), rd t puede sustituirse por tnom - LOSS. Si R <0,2 en peso de los criterios de evaluación de nivel 1 no se cumplen.

$$R_{wt} = \frac{t_c + FCA - w_{\max}}{t_c}$$

**Fuente:** API 579-1/ ASME FFS-1 2007 Fitness-For-service pag.77

- f) PASO 6 - Determinar la PSMA para el componente (véase el Anexo A, párrafo A.2) con el espesor de la Etapa 2.

g) PASO 7 - Comparar los daños en la superficie de las fotografías y calcos a las listas de pit estándar que se muestran en las figuras 6.3 a 6.10. Seleccionar un diagrama de pozo que tiene una medida de daño de la superficie que se aproxima a la realidad del daño en el componente. Si el daño picadura es más amplia que la que se muestra en la Figura 6.10, a continuación, calcular el RSF utilizando la ecuación siguiente y vaya al paso 9.

$$RSF = R_{wt}$$

**Fuente:** API 579-1/ ASME FFS-1 2007 Fitness-For-service pag.79

i) PASO 9 - Si un  $RSF \geq RSF$ , entonces el daño picadura es aceptable para el funcionamiento de la PSMA determinó en el paso 6. Si un  $RSF < RSF$ , la región dañada por picaduras es aceptable para el funcionamiento en MAWPr, donde MAWPr se calcula utilizando las ecuaciones en la Parte 2, apartado 2.4.2.2. El PSMA del PASO 6 se utilizará en este cálculo.

- Recipientes Cilíndricos, Cónicos, y Codos  
 $t_{am} - FCA \geq t_{min}$
- Recipientes esféricos y tapas  
 $t_{am} - FCA \geq t_{min}$
- Tanques de almacenamiento de baja presión y atmosféricos  
 $t_{am} - FCA \geq t_{min}$

**Criterios de Evaluación (CTP):**

- Recipientes Cilíndricos y Cónicos, y Codos  
 $t_{am}^s - FCA \geq t_{min}^c \quad t_{am}^c - FCA \geq t_{min}^L$
- Recipientes Esféricos y Tapas  
 $\min [t_{am}^s, t_{am}^c] - FCA \geq t_{min}$
- Tanques de Almacenamiento de baja Presión y Atmosféricos  
 $t_{am}^s - FCA \geq t_{min}$

**Fuente:** API 579-1/ ASME FFS-1 2007 Fitness-For-service pag.83

Daño por picado en tanque

En este caso lo que se debe hacer es el hallar mfh, descrito a continuación:

#### Pérdida metal

Las ecuaciones en este párrafo se escriben en términos del diámetro nominal del depósito, n D, por lo tanto, no necesita el diámetro de ser ajustada por la pérdida de metal y el futuro sobre espesor de corrosión. El espesor de la pared se ajusta por la pérdida de metal y futuras tolerancia para la corrosión.

#### Espesor requerido y MFH de líquido hidrostático

a) El espesor mínimo y MFH en unidades métricas se muestran abajo. En estas ecuaciones, el depósito de un diámetro nominal D está en metros, el diseño llenar altura H está en metros, la tensión admisible es de S en MPa, los espesores de pared min t y t son en milímetros, y la pérdida de pérdida de metal y futuras tolerancia de corrosión FCA son en milímetros.

$$t_{\min} = \frac{4.9D(H - 0.3)G}{S} + FCA$$

$$MFH = \frac{(t - LOSS - FCA)S}{4.9G} + 0.3$$

**Fuente:** API 579-1/ ASME FFS-1 2007 Fitness-For-service pag.85

b) el espesor mínimo y MFH en las unidades de EE.UU. se muestran abajo. En estas ecuaciones, el depósito de un diámetro nominal D se encuentra en los pies, el diseño llenar altura H está en pie, la tensión admisible es de S en psi, los espesores de pared min t y t son en pulgadas, y la pérdida de pérdida de metal y futuras tolerancia de corrosión FCA son en pulgadas.

$$t_{\min} = \frac{2.6D(H-1)G}{S} + FCA$$

$$MFH = \frac{(t - LOSS - FCA)S}{2.6G} + 1$$

**Fuente:** API 579-1/ ASME FFS-1 2007 Fitness-For-service pag.86

Si se cumplen estos criterios el equipo puede continuar operando, de lo contrario se requiere una evaluación nivel 2.

Cuando el daño es en picado de tuberías se usa la fórmula para hallar el mawpc, los procesos son los mismos con las mismas figuras, pero cambia los datos que se piden y cambia el cálculo del mawp tanto en tubos como en tanques, el proceso se muestra a continuación: Componentes de tubería y tubos de caldera.

#### Información general

El espesor mínimo y PSMA de una sección recta o sección curvada de la tubería sujeta a la presión interna o externa con cargas suplementarios se pueden calcular basándose en el código de construcción original. Alternativamente, las ecuaciones en esta sección se pueden utilizar en el cálculo de estos parámetros.

Además, se proporciona un procedimiento para evaluar conexiones de ramales sometidos a presión interna. Estas ecuaciones se basan en la norma ASME B31.3 Código de tuberías. Los efectos de las cargas suplementarias (véanse los apartados A.2.6 y A.7) se incluyen en estas ecuaciones sólo para tubo recto (es decir, la dirección del esfuerzo longitudinal) sujetas a una sección de red de fuerza axial y / o momento de flexión. Los efectos de las cargas suplementarias para

otras geometrías de componentes o condiciones de carga pueden ser evaluados utilizando los métodos de análisis de tensión en el anexo B1.

a) Circumferential stress (Longitudinal Joints):

$$t_{\min}^C = \frac{PD_o}{2(SE + PY_{B31})} + MA$$

$$MAWP^C = \frac{2SE(t_c - MA)}{D_o - 2Y_{B31}(t_c - MA)}$$

$$\sigma_m^C = \frac{P}{E} \left[ \frac{D_o}{2(t_c - MA)} - Y_{B31} \right]$$

b) Longitudinal stress (Circumferential Joints):

$$t_{\min}^L = \frac{PD_o}{4(SE + PY_{B31})} + t_{sl} + MA$$

$$MAWP^L = \frac{4SE(t_c - t_{sl} - MA)}{D_o - 4Y_{B31}(t_c - t_{sl} - MA)}$$

$$\sigma_m^L = \frac{P}{E} \left( \frac{D_o}{4(t_c - t_{sl} - MA)} - Y_{B31} \right)$$

**Fuente:** API 579-1/ ASME FFS-1 2007 Fitness-For-service pag.90

c) Final Values:

$$t_{\min} = \max \left[ t_{\min}^C, t_{\min}^L \right]$$

$$MAWP = \min \left[ MAWP^C, MAWP^L \right]$$

$$\sigma_{\max} = \max \left[ \sigma_m^C, \sigma_m^L \right]$$

#### A.5.4 espesor requerido y MAWP - tubos de caldera

El espesor y MAWP ecuaciones de mínimos para las secciones rectas de tubo y codos de tubo sujetos a la presión interna se muestran a continuación. Estas

ecuaciones sólo se refieren a la tensión circunferencial. Si tensiones longitudinales son significativos, la ecuación en el párrafo A.3.4 puede ser utilizado

a) El estrés circunferencial al  $0,5 ct \leq R$  (juntas longitudinales)

$$t_{\min}^c = \frac{PD}{2S + P} + 0.005D + e_t$$

$$MAWP^c = \frac{2S(t_c - 0.005D - e_t)}{D - (t_c - 0.005D - e_t)}$$

$$\sigma^c = \frac{P[D - (t_c - 0.005D - e_t)]}{2(t_c - 0.005D - e_t)}$$

**Fuente:** API 579-1/ ASME FFS-1 2007 Fitness-For-service pag.93

b) El estrés circunferencial cuando  $t > 0.5R$  (juntas longitudinales) - se puede utilizar las ecuaciones en el párrafo A.3.4.b.

## 2.5.4 Corrosión por Picado

El picado se define como regiones localizadas de pérdida de metal caracterizadas geométricamente por tener un diámetro de pit igual o menor que el espesor de la placa, y una profundidad menor que el espesor de la placa.

Sólo se aplica a:

- Componentes sometidos a la presión interna
- Colonias de defectos pitiformes los cuales están presentes en forma dispersa o concentrada
- Aplicable a las colonias de pits que pertenecen a la misma superficie, y no a la combinación de la superficie interna y externa Información necesaria:

Seleccione un patrón de distribución de los pits que mejor represente el daño del componente

Determinar la mayor profundidad de pit, Registrar la información de campo por fotografía con una escala de referencia

D: Diámetro interno

Wmax: Profundidad máxima de picadura

tnom: Espesor nominal

LOSS: Pérdida de metal

FCA: Corrosión permitida a futuro

tc: Espesor Corroído a Futuro

MAWP: Máxima presión de operación admisible

RSF: Factor de esfuerzo remanente

RSFa: Factor de esfuerzo remanente permisible

$$MAWP = \frac{SEt_c}{R + 0.6t_c}$$

**S:** Tensión Admisible

**E:** Eficiencia de la junta soldada

**R:** Radio interno corregido (radio interno + FCA + LOSS)

**tc:** Espesor Corroído a Futuro

**Fuente:** API 579-1/ ASME FFS-1 2007 Fitness-For-service pag.95

Ver Figura 5. Anexo C.

### 2.5.5 Daños por Hidrogeno

Procedimiento de evaluación para aceros ferríticos de baja resistencia con agrietamiento inducido por hidrogeno (HIC) y ampollas.

No es aplicable a la fragilización por hidrógeno de aceros de alta resistencia.

**2.5.5.1 (HIC) - Hydrogen induced cracking.** El hidrogeno atómico se combina en las inclusiones no metálicas u otras imperfecciones para formar moléculas de hidrogeno que son demasiado grandes para difundir en el acero.

Esta acumulación de hidrogeno interno puede dar lugar a HIC.

Procedimiento de Evaluación de HIC

El procedimiento de evaluación de nivel 1 para determinar la aceptabilidad de los daños HIC es como se muestra a continuación.

a) Paso 1 - Determinar la información en el apartado 7.3.3.1.

b) PASO 2 - Determinar el espesor de la pared para ser utilizado en la evaluación utilizando la ecuación (7.5) o de la Ecuación (7.6), según corresponda.

$$t_c = t_{nom} - LOSS - FCA$$

$$t_c = t_{rd} - FCA$$

**Fuente:** API 579-1/ ASME FFS-1 2007 Fitness-For-service pag.96

c) PASO 3 - Si todos los siguientes requisitos se cumplen, a continuación, proceder al PASO 4. De lo contrario, el nivel y de evaluación no está satisfecho

$$s \leq 0.6\sqrt{Dt_c}$$

$$c \leq 0.6\sqrt{Dt_c}$$

$$w_H \leq \min \left[ \frac{t_c}{3}, 13 \text{ mm (0.5 in.)} \right]$$

**Fuente:** API 579-1/ ASME FFS-1 2007 Fitness-For-service pag.98

3) El daño HIC no es superficie de ruptura de conformidad con el párrafo 7.3.3.1.h (ver ecuaciones (7.1) y (7.2)).

4) La distancia entre el borde de los daños de HIC y la costura de soldadura más cercana satisface la ecuación (7.10)

$$L_w > \max [2t_c, 25 \text{ mm (1.0 in)}]$$

**Fuente:** API 579-1/ ASME FFS-1 2007 Fitness-For-service pag.99

5) La distancia desde el borde de los daños de HIC a la importante discontinuidad estructural más cercana satisface la ecuación (7.11).

$$L_{msd} \geq 1.8\sqrt{Dt_c}$$

**Fuente:** API 579-1/ ASME FFS-1 2007 Fitness-For-service pag.101

6) El daño adicional HIC se ha impedido por uno de los siguientes medios:

i) Un revestimiento de barrera o de revestimiento (por ejemplo, un recubrimiento orgánico, de metal de pulverización, el recrecimiento con soldadura) se ha aplicado para evitar el contacto entre el entorno del proceso y el metal.

ii) El equipo ha sido movido o el entorno del proceso alterado de tal manera que no se producirá más hidrógeno de carga del metal.

Etapas 4 - La evaluación del nivel 1 se ha completado, el componente puede ser devuelto al servicio).

### Evaluación SOHIC

Una evaluación del Nivel 3 de SOHIC debe basarse en los procedimientos de evaluación de la Parte 9, con especial atención a los posibles efectos de hidrógeno en el futuro crecimiento de la grieta y la resistencia a la fractura.

- a) No existe actualmente ningún método aceptado para predecir la tasa de crecimiento de la grieta SOHIC, y por lo tanto no hay base para el retorno de las grietas en crecimiento activo al servicio. La detención de grietas SOHIC debe ser proporcionado por uno de los siguientes medios o comparables, y se debe documentar en el análisis:
  - 1) Reducción y control de la tasa de flujo de hidrógeno a un nivel por debajo del que causó el daño existente
  - 2) Reducción de la intensidad de estrés extremo de la fisura que causó el daño
  - 3) La alteración de la microestructura por delante de la zona de avería, que no impiden aún más la propagación de grietas
  
- b) Se requiere una evaluación de fractura, de acuerdo con los procedimientos de la Parte 9, y los siguientes requisitos adicionales:
  - 1) Las técnicas de inspección deben ser aplicadas que puede interrogar al volumen afectado de material, y evaluar el alcance del subsuelo de los daños. La eficacia del método (s) utilizado se demostró especialmente para daños SOHIC, incluidas las disposiciones adecuadas para la exactitud tamaño.
  - 2) El análisis debe ser realizado para evaluar el estado de tensión de la zona de avería SOHIC, incluyendo esfuerzos primarios, secundarios, y residuales que pueden afectar a la intensidad de estrés extremo de la fisura. Esto incluirá todas las tensiones que pueden contribuir al crecimiento sub crítico de daños SOHIC, incluso aquellos que no se consideran normalmente a contribuir a la rotura frágil.
  - 3) Si el hidrógeno de carga del acero no ha sido detenido por medio de un recubrimiento de barrera, recubrimiento, o cambio en el proceso, entonces la tenacidad del material utilizado en la evaluación de fractura deberá tener

en cuenta el efecto de la carga de hidrógeno por la indexación a la fractura límite inferior arresto curva K de acuerdo con los métodos establecidos en el anexo F de la presente Norma, o un método alternativo que está totalmente documentado.

- c) La monitorización periódica se puede utilizar para confirmar la ausencia de crecimiento de la grieta. Sin embargo, cuando las condiciones son favorables para SOHIC, el crecimiento de la grieta puede ser tan rápido como para hacer el seguimiento periódico poco práctico.

**2.5.5.2 Ampollas.** Difusión de H dentro del metal generado por la corrosión (sulfhídrica) que se produce en la superficie del componente en contacto con soluciones acuosas. El H difunde y forma burbujas de H<sub>2</sub> en las discontinuidades y las impurezas. La molécula H<sub>2</sub> es demasiado grande para la difusión y la presión puede causar ampollas e incluso grietas.

El procedimiento de evaluación de nivel 1 para determinar la aceptabilidad de los daños en ampollas se muestra a continuación.

- a) PASO 1 - Determinar la información en el apartado 7.3.3.3.
- b) PASO 2 - Determinar el espesor de la pared para ser utilizado en la evaluación utilizando la ecuación (7.5) o la ecuación (7.6), según sea el caso.
- c) PASO 3 - Si todos los siguientes requisitos se cumplen, a continuación, proceder al PASO 4. De lo contrario, la evaluación del nivel 1 no está satisfecha.
  - 1) El diámetro de la ampolla y los requisitos de ventilación cumplen uno de los siguientes criterios.
    - i. El diámetro ampolla es menor o igual a 50 mm (2 pulgadas), o

- ii. La ampolla se ventila y las dimensiones cumplen las ecuaciones (7.7) y (7.8).
- 2) El mínimo espesor medido en buen estado medido desde el lado que no está abombada (ver Figura 7.5) satisface la ecuación (7.12).

$$t_{mm} - FCA \geq 0.5t_c$$

**Fuente:** API 579-1/ ASME FFS-1 2007 Fitness-For-service pag.102

- 3) La proyección de la ampolla satisface la ecuación (7.13).

$$B_p \leq 0.10 \cdot \min[s, c]$$

**Fuente:** API 579-1/ ASME FFS-1 2007 Fitness-For-service pag.103

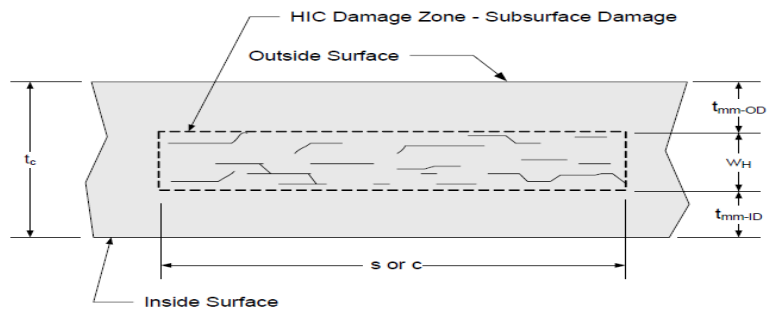
- 4) No hay grietas periferia dirigido hacia el interior o fuera de la superficie del componente, como se muestra en la Figura 7.5.

- 5) La distancia entre el borde de la ampolla y la costura de soldadura más cercana satisface la ecuación (7.10).

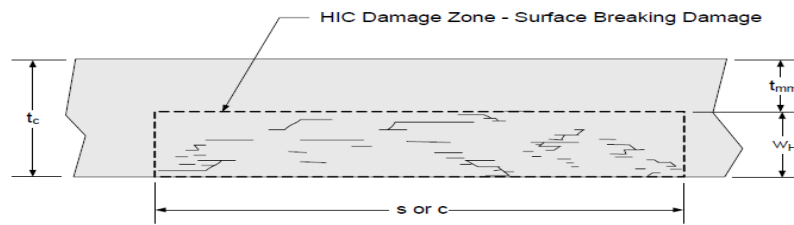
- 6) La distancia desde el borde de la ampolla a la importante discontinuidad estructural más cercana satisface la ecuación (7.11).

- d) Etapa 4 - La evaluación del nivel 1 se ha completado, el componente puede ser devuelto al servicio.

Figura. 2. a) Daños HIC



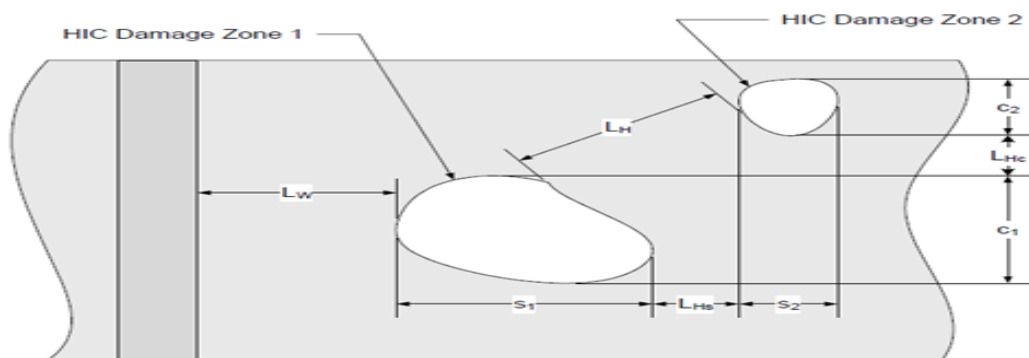
a) Typical Subsurface HIC Damage



b) Typical Surface Breaking HIC Damage

Fuente: API 579-1/ ASME FFS-1 2007 Fitness-For-service pag.104

Figura. 3 b) Daños HIC en la proximidad de una soldadura

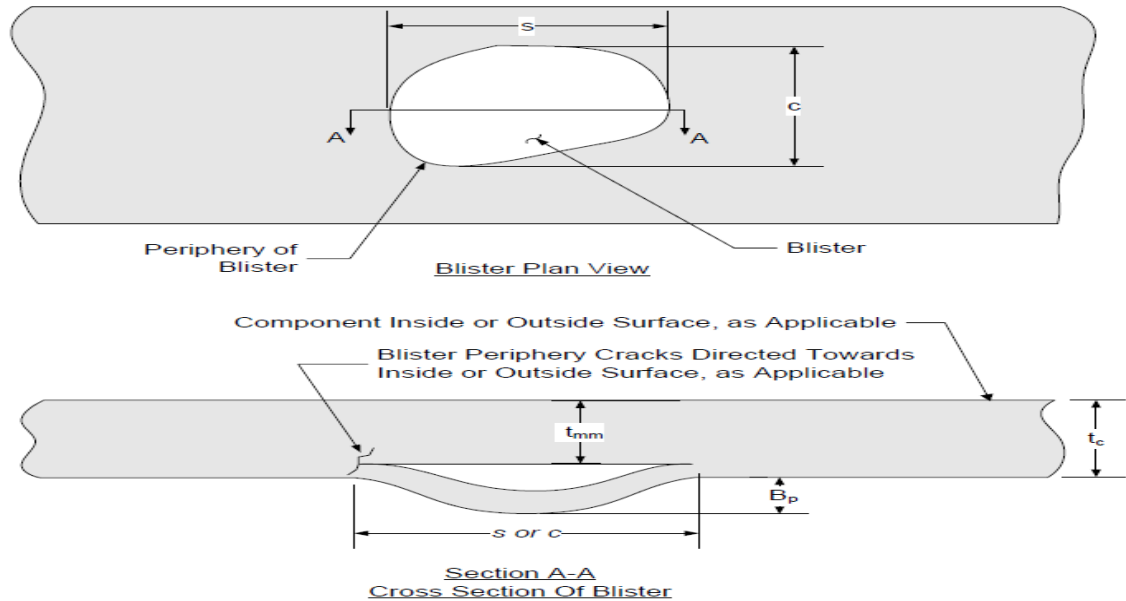


a) Planar View of HIC Damage Close To A Weld Seam And To Other HIC Damaged Zones

Fuente: API 579-1/ ASME FFS-1 2007 Fitness-For-service pag.106

Figura. 4 c) Ampollas

API 579-1/ASME FFS-1 2007 Fitness-For-Service



**Notes:**

1. The blister diameter to be used in the assessment is defined in paragraph 7.3.3.3.a.

**Fuente:** API 579-1/ASME FFS-1 2007 Fitness-For-Service HIC-Blister pag.108

**s:** dimensión longitudinal de HIC

**c:** dimensión circunferencial de HIC

**Lw:** distancia de HIC o ampolla al cordón de soldadura

**Lmsd:** distancia de HIC o ampolla a la discontinuidad principal

**tmm-ID:** distancia de HIC a la superficie interna

**tmm-OD:** distancia de HIC a la superficie externa

**WH:** espesor de HIC

**Bp:** proyección de la ampolla

**tmm:** espesor mínimo medido sin daño

### 2.5.5.3 Criterios de Evaluación HIC

$$c \leq 0.6\sqrt{Dt_c}$$

$$s \leq 0.6\sqrt{Dt_c}$$

$$t_{mm-ID} \geq 0.20t_c$$

$$w_H \leq \min\left[\frac{t_c}{3}, 13mm(0.5in)\right]$$

$$L_w \leq \max[2t_c, 25mm(1.0in)]$$

$$L_{msd} \leq 1.8\sqrt{Dt_c}$$

Fuente: API 579-1/ ASME FFS-1 2007 Fitness-For-service pag.109

### 2.5.5.4 Criterios de Evaluación Ampollas

$$\max[s, c] \leq 0.6\sqrt{Dt_c}$$

$$\max[s, c] \leq 2.0 pu lg$$

$$t_{mm} - FCA \geq 0.5t_c$$

$$B_p \leq 0.10 \cdot \min[s, c]$$

$$L_w \leq \max[2t_c, 25mm(1.0in)]$$

$$L_{msd} \leq 1.8\sqrt{Dt_c}$$

Fuente: API 579-1/ ASME FFS-1 2007 Fitness-For-service pag.110

### 2.5.6 Desalineación de Soldadura y Distorsiones

Las irregularidades incluyen desalineación de juntas soldadas y distorsiones geométricas tales como abombamientos y protuberancias

Tablas 8.3, 8.4, 8.5, 8.6 y 8.7 (Anexo B)

Ver figura 9,10, 11 (Anexo c)

## 2.5.7 Grietas

Esta sección proporciona directrices para evaluar si los equipos: recipientes a presión, tuberías y tanques, sometidos a presión interna, construidos con aceros al carbono o aceros de baja aleación, que contienen grietas, puede fallar frágilmente debido al colapso plástico de la sección donde la grieta está localizada.

**2.5.7.1 Aplicabilidad.** El espesor del componente en la ubicación de la falla debe ser menor de 38 mm (1.5 pulg)

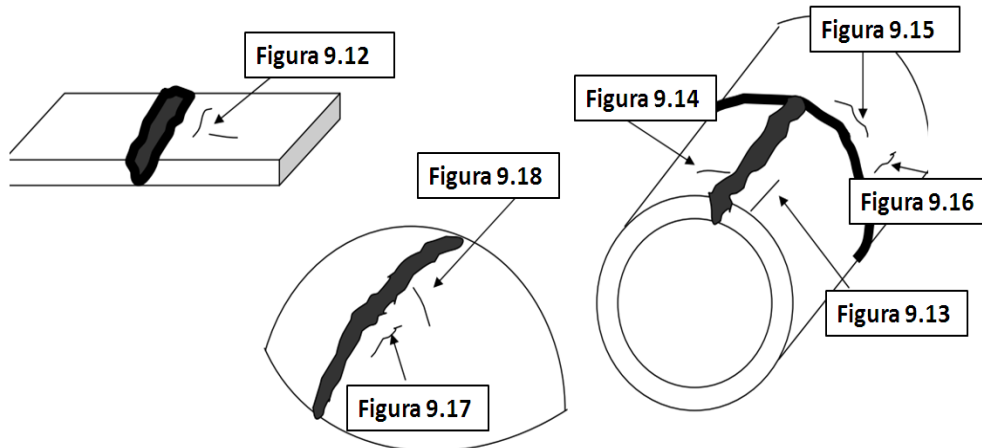
La longitud máxima admisible de la grieta es de 200 mm

La grieta se debe encontrar a una distancia mayor o igual a  $1,8 \sqrt{D \cdot t}$  de cualquier discontinuidad estructural importante en donde D es el diámetro interior y t es el espesor actual de los componentes.

La relación  $R/T \leq 5$  en donde R es el radio interior y t es el espesor de los componentes.

Los materiales deben tener una tensión admisible de diseño menor 172MPa (25kpsi), los límites mínimos especificados de elasticidad ( $S_y$ ) y de resistencia a la tracción ( $S_u$ ) deben ser menor o igual a 276 MPa (40 ksi) y menor o igual a 483 MPa (70 ksi) respectivamente.

- Grieta paralela a la soldadura en una placa plana (Figura 9.12)
- Grieta paralela a la soldadura longitudinal en una concha cilíndrica (Figura 9.13)
- Grieta perpendicular a la soldadura longitudinal en una concha cilíndrica (Figura 9.14)
- Grieta paralela a la soldadura circunferencial en una concha cilíndrica (Figura 9.15)
- Grieta perpendicular a la soldadura circunferencial en una concha cilíndrica (Figura 9.16)
- Grieta paralela a la soldadura circunferencial en una concha esférica (Figura 9.17)
- Grieta perpendicular a la soldadura circunferencial en una concha esférica (Figura 9.18)



**Fuente:** API 579-1/ASME FFS-1 2007 Fitness-For-Service pag. 112

Curvas Contenidas en las Figuras 9.12 a 9.18 de la norma:

**Curva A:** Grieta en el metal base

**Curva B:** Grieta en el metal de soldadura sujeto a PWHT

**Curva C:** Grieta en el metal de soldadura sin PWHT

Para  $t \leq 25$  mm (1 pulg)

Para  $25$  mm  $< t \leq 38$  mm

**Curva continua:**

**Curva continua:**

$a \leq t/4$

$\leq 6$  mm

**Curva discontinua (trazos):**

**Curva discontinua (trazos):**

$a > t/4$

$a > 6$  m

Dónde:

**t:** espesor del equipo

**a:** profundidad de la grieta

### **2.5.7.2 Cálculo Temperatura de referencia:**

1. Elegir el tipo de materia A, B, C o D con la tabla 3.2 de la norma. Figura 1
2. Conociendo el tipo de material y el límite de elasticidad mínimo especificado

(MYS) ir a la tabla 9.2 de la norma y hallar la temperatura de referencia.

Tabla 3. Con la temperatura de referencia y el tipo de material, determinamos la longitud máxima admisible de la grieta (2c) en la figura seleccionada para la evaluación (figura 9.12 a 9.18 de la norma). Un ejemplo de estas graficas es la figura 16.

Ver Figura 12 Anexo C

### **2.5.8 Daños por Fuego**

Procedimiento de evaluación que emplea la observación visual de la degradación estructural causada por el fuego y el calor radiante en los componentes, y el deterioro menos evidente de sus propiedades mecánicas como resistencia, ductilidad y dureza.

Formas de daños a inspeccionar:

- Distorsión mecánica y daños estructurales
- Degradación de las propiedades mecánicas
- Degradación de la microestructura metalúrgica
- Degradación de la resistencia a la corrosión

- Susceptibilidad a la fragilización causada por el medio ambiente agrietamiento
- Daños causados por fluencia
- Presencia de grietas en los muros de contención
- Modificación de la distribución de tensiones residual

## 2.5.9 Laminaciones

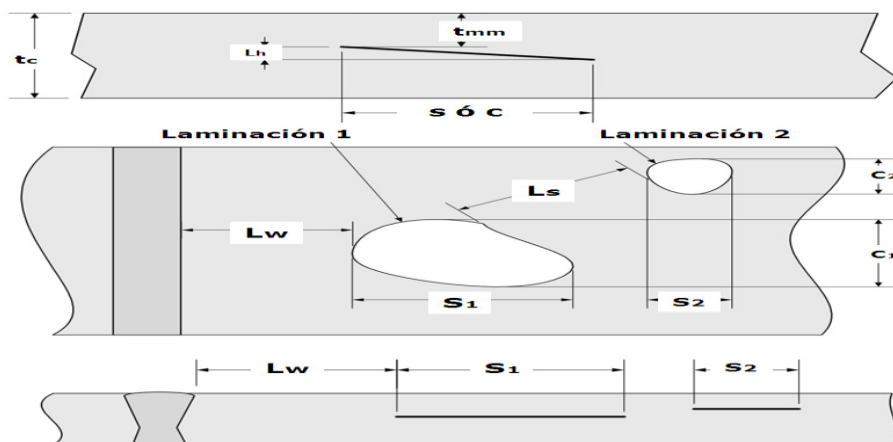
Las laminaciones son planos formados por la falta de fusión dentro de una placa metálica, por lo general paralelos a sus superficies, y como resultado de su proceso de fabricación.

Las laminaciones reducen la resistencia de la placa cuando se somete a esfuerzos de flexión, compresión o tracción normales al plano de la laminación.

Por lo general no disminuyen la resistencia de la placa cuando:

- Se encuentran lejos de las discontinuidades geométricas y estructurales.
- Los planos son paralelos a las superficies de las placas

Figura. 5. Medidas del defecto



Fuente: API 579-1/ASME FFS-1 2007 Fitness-For-Service Figure 13.2 – Typical Lamination

**s:** dimensión longitudinal de la laminación

**c:** circunferencial de la laminación

**Ls:** distancia entre la laminación 1 y la laminación 2

**Lh:** altura de la laminación

**Lw:** distancia de la laminación al cordón de soldadura

**Lmsd:** distancia de la laminación a la discontinuidad principal

**tmm:** espesor mínimo remanente sin da

### 3. MARCO METODOLÓGICO

#### 3.1 METODOLOGÍA EXTREMA XP

La metodología para el desarrollo del software está estructurada en la metodología de programación extrema (XP), la cual es una metodología ágil, que maneja un diseño incremental en el desarrollo del software.

Se seleccionó esta metodología por la comunicación continua que mantiene entre el usuario y la aplicación en desarrollo; y la permanente realización de pruebas que se realizan, ya que de esta manera se mantiene un código claro y sencillo.

La Programación Extrema es un conjunto coherente de valores, principios y prácticas para abordar problemas de desarrollo de software<sup>2</sup>

#### 3.2 FASES DE LA METODOLOGÍA XP

##### 3.2.1 Primera Fase: Planificación del proyecto

**3.2.1.1 Historias de usuario.** El primer paso de cualquier proyecto que siga la metodología X.P es definir las historias de usuario con el cliente. Las historias de usuario tienen la misma finalidad que los casos de uso pero con algunas diferencias: Constan de 3 ó 4 líneas escritas por el cliente en un lenguaje no técnico sin hacer mucho hincapié en los detalles; no se debe hablar ni de posibles algoritmos para su implementación ni de diseños de base de datos adecuados, etc. Son usadas para estimar tiempos de desarrollo de la parte de la aplicación que describen. También se utilizan en la fase de pruebas, para verificar si el programa cumple con lo que especifica la historia de usuario. Cuando llega la hora de implementar una historia de usuario, el cliente y los desarrolladores se reúnen

para concretar y detallar lo que tiene que hacer dicha historia. El tiempo de desarrollo ideal para una historia de usuario es entre 1 y 3 semanas.

**3.2.1.2 Release planning.** Después de tener ya definidas las historias de usuario es necesario crear un plan de publicaciones, en inglés "Release plan", donde se indiquen las historias de usuario que se crearán para cada versión del programa y las fechas en las que se publicarán estas versiones. Un "Release plan" es una planificación donde los desarrolladores y clientes establecen los tiempos de implementación ideales de las historias de usuario, la prioridad con la que serán implementadas y las historias que serán implementadas en cada versión del programa. Después de un "Release plan" tienen que estar claros estos cuatro factores: los objetivos que se deben cumplir (que son principalmente las historias que se deben desarrollar en cada versión), el tiempo que tardarán en desarrollarse y publicarse las versiones del programa, el número de personas que trabajarán en el desarrollo y cómo se evaluará la calidad del trabajo realizado. (\*Release plan: Planificación de publicaciones).

**3.2.1.3 Iteraciones.** Todo proyecto que siga la metodología X.P. se ha de dividir en iteraciones de aproximadamente 3 semanas de duración. Al comienzo de cada iteración los clientes deben seleccionar las historias de usuario definidas en el "Release planning" que serán implementadas. También se seleccionan las historias de usuario que no pasaron el test de aceptación que se realizó al terminar la iteración anterior. Estas historias de usuario son divididas en tareas de entre 1 y 3 días de duración que se asignarán a los programadores.

**3.2.1.4 Velocidad del proyecto.** La velocidad del proyecto es una medida que representa la rapidez con la que se desarrolla el proyecto; estimarla es muy sencillo, basta con contar el número de historias de usuario que se pueden implementar en una iteración; de esta forma, se sabrá el cupo de historias que se pueden desarrollar en las distintas iteraciones. Usando la velocidad del proyecto

controlaremos que todas las tareas se puedan desarrollar en el tiempo del que dispone la iteración. Es conveniente reevaluar esta medida cada 3 ó 4 iteraciones y si se aprecia que no es adecuada hay que negociar con el cliente un nuevo "Release Plan".

**3.2.1.5 Programación en Pareja.** La metodología X.P. aconseja la programación en parejas pues incrementa la productividad y la calidad del software desarrollado. El trabajo en pareja involucra a dos programadores trabajando en el mismo equipo; mientras uno codifica haciendo hincapié en la calidad de la función o método que está implementando, el otro analiza si ese método o función es adecuado y está bien diseñado. De esta forma se consigue un código y diseño con gran calidad.

**3.2.1.6 Reuniones Diarias.** Es necesario que los desarrolladores se reúnan diariamente y expongan sus problemas, soluciones e ideas de forma conjunta. Las reuniones tienen que ser fluidas y todo el mundo tiene que tener voz y voto.

## **3.2.2 Segunda Fase: Diseño**

**3.2.2.1 Diseños simples.** La metodología X.P sugiere que hay que conseguir diseños simples y sencillos. Hay que procurar hacerlo todo lo menos complicado posible para conseguir un diseño fácilmente entendible e implementarle que a la larga costará menos tiempo y esfuerzo desarrollar.

**3.2.2.2 Riesgos.** Si surgen problemas potenciales durante el diseño, X.P sugiere utilizar una pareja de desarrolladores para que investiguen y reduzcan al máximo el riesgo que supone ese problema.

**3.2.2.3 Funcionalidad extra.** Nunca se debe añadir funcionalidad extra al programa aunque se piense que en un futuro será utilizada. Sólo el 10% de la

misma es utilizada, lo que implica que el desarrollo de funcionalidad extra es un desperdicio de tiempo y recursos.

**3.2.2.4 Refactorizar.** es mejorar y modificar la estructura y codificación de códigos ya creados sin alterar su funcionalidad. Refactorizar supone revisar de nuevo estos códigos para procurar optimizar su funcionamiento. Es muy común rehusar códigos ya creados que contienen funcionalidades que no serán usadas y diseños obsoletos. Esto es un error porque puede generar código completamente inestable y muy mal diseñado; por este motivo, es necesario refactorizar cuando se va a utilizar código ya creado.

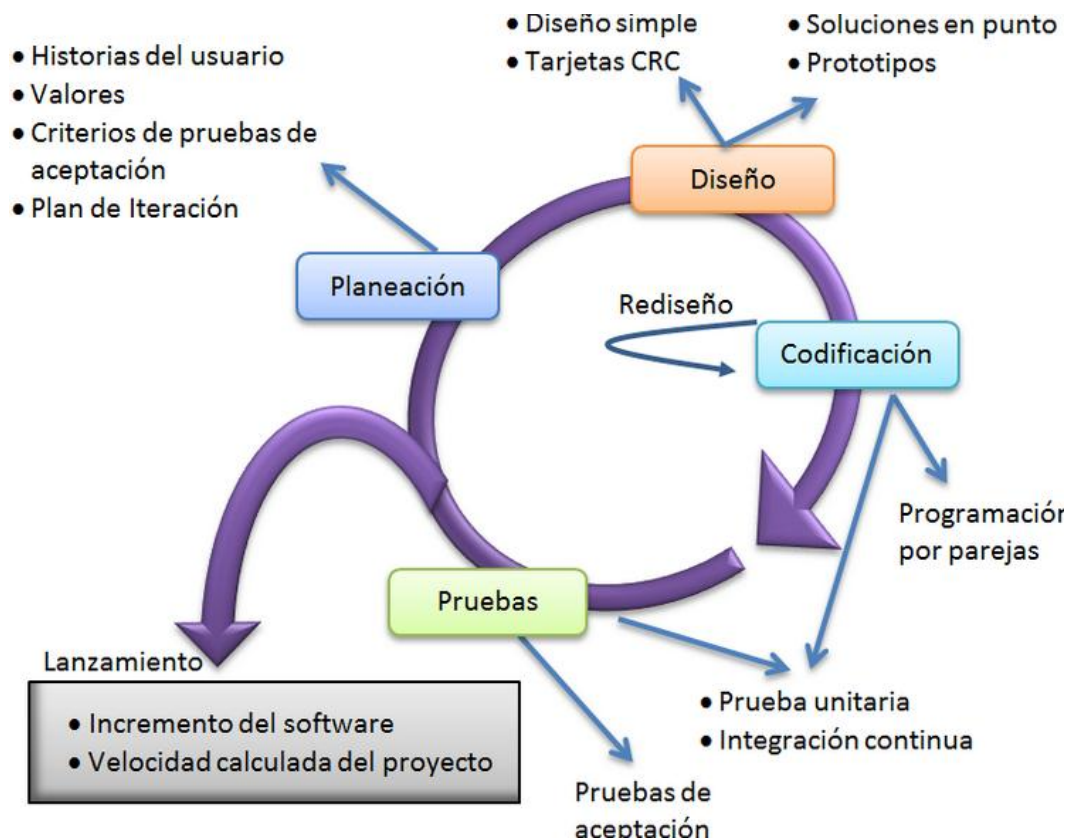
**3.2.2.5 Tarjetas C.R.C.** El uso de las tarjetas C.R.C (Class, Responsibilities and Collaboration) permiten al programador centrarse y apreciar el desarrollo orientado a objetos olvidándose de los malos hábitos de la programación procedural clásica. Las tarjetas C.R.C representan objetos; la clase a la que pertenece el objeto se puede escribir en la parte de arriba de la tarjeta, en una columna a la izquierda se pueden escribir las responsabilidades u objetivos que debe cumplir el objeto y a la derecha, las clases que colaboran con cada responsabilidad.

### **3.2.3 Tercera Fase: Codificación**

El cliente es una parte más del equipo de desarrollo; su presencia es indispensable en las distintas fases de X.P. A la hora de codificar una historia de usuario su presencia es aún más necesaria. No olvidemos que los clientes son los que crean las historias de usuario y negocian los tiempos en los que serán implementadas. Antes del desarrollo de cada historia de usuario el cliente debe especificar detalladamente lo que ésta hará y también tendrá que estar presente cuando se realicen los test que verifiquen que la historia implementada cumple la funcionalidad especificada. La codificación debe hacerse ateniendo a estándares

de codificación ya creados. Programar bajo estándares mantiene el código consistente y facilita su comprensión y escalabilidad. XP opta por la programación en pareja ya que permite un código más eficiente y con una gran calidad. X.P sugiere un modelo de trabajo usando repositorios de código dónde las parejas de programadores publican cada pocas horas sus códigos implementados y corregidos junto a los test que deben pasar. De esta forma el resto de programadores que necesiten códigos ajenos trabajarán siempre con las últimas versiones<sup>1</sup>.

### Diagrama de procesos realizados en cada iteración.



### FASES DE LA METODOLOGÍA XP

[http://wiki.monagas.udo.edu.ve/index.php/Metodolog%C3%ADas\\_SCRUM\\_y\\_XP](http://wiki.monagas.udo.edu.ve/index.php/Metodolog%C3%ADas_SCRUM_y_XP)

<sup>1</sup> Ver. Beck, Extreme Programming Explained.

## **4. RESULTADOS OBTENIDOS**

El software finalmente quedó estructurado de la siguiente manera:

### **4.1 PLATAFORMA Y MODO DE OPERAR**

Para la administración de la información se utilizó el lenguaje de programación JAVA, la plataforma Android, entorno eclipse y para la base de datos SQL, estos programas son de licencia gratuita.

Para tener la aplicación funcionando, sólo debe tener un dispositivo móvil android e instalar el apk de la aplicación de la siguiente manera: se traslada o guarda el apk en el dispositivo y luego se le da instalar, de esa manera ya tendría la aplicación funcionando en el dispositivo.

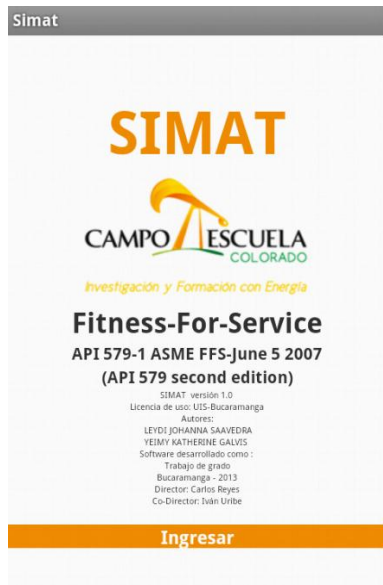
### **4.2 ESTRUCTURA FUNCIONAL**

#### **4.2.1 Diseño del Software SIMAT**

Se debe instalar el APK de la aplicación en el dispositivo móvil. Aparecerá una imagen como la siguiente.

Después de descargar e instalar el apk, la pantalla de inicio

**Figura. 6.** Ventana principal Software SIMAT



**Fuente:** Autor

Puede seleccionarse el tipo de acción a realizar, inspección, consulta o ayuda

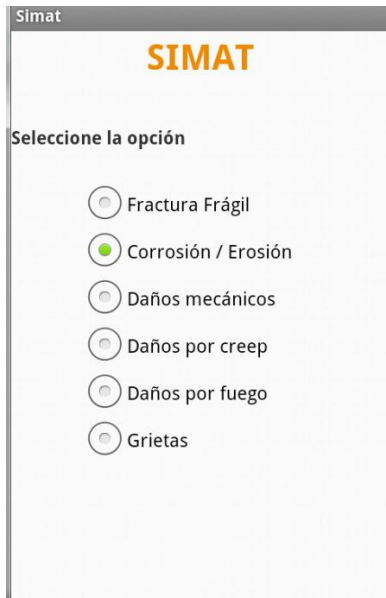
**Figura. 7.** Ventana Selección de Actividades



**Fuente:** Autor

Si selecciono inspeccion se visualizara

**Figura. 8.** Ventana selección de opciones




The screenshot shows a mobile application window titled "Simat" with the logo "SIMAT" in orange. Below the logo, the text "Seleccione la opción" is displayed. There are six radio button options listed vertically: "Fractura Frágil", "Corrosión / Erosión" (which is selected, indicated by a green dot), "Daños mecánicos", "Daños por creep", "Daños por fuego", and "Grietas".

**Fuente:** Autor

Si selecciono una consulta

**Figura. 9.** Ventana consultar inspecciones.



The screenshot shows a mobile application window titled "Simat". It features a search input field labeled "Ingrese id" with an orange border. Below the input field is an orange button labeled "Consultar". Underneath the button, the text "Resultado Inspección" is displayed in orange, followed by a large empty white space for the search results.

**Fuente:** Autor

Si selecciona una inspección por fractura frágil

**Figura. 10.** Ventana selección de fractura frágil



**Fuente:** Autor

Si el daño a evaluar es por fractura fragil debe seleccionar el tipo de equipo

**Figura. 11.** Ventana Opciones de fractura frágil



**Fuente:** Autor

Si selecciona una inspección por corrosión/erosión

**Figura. 12.** Ventana opciones de corrosión erosión



**Fuente:** Autor

Si selecciona una inspección por daños mecánicos

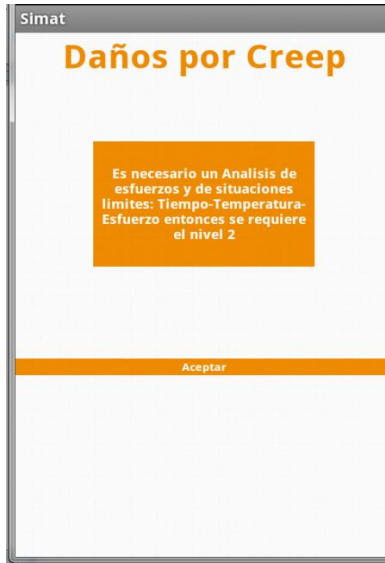
**Figura. 13.** Ventana opciones de daños mecánicos



**Fuente:** Autor

Si selecciona una inspección por daño por creep

**Figura. 14.** Ventana daño por creep



**Fuente:** Autor

Si selecciona una inspección por daño por fuego

**Figura. 15.** Daños por fuego



**Fuente:** Autor

Si selecciona una inspeccion por grietas

**Figura. 16.**Datos para Grietas

Simat

### Grietas

Datos del equipo

Equipo Recipiente a

D (mm)

T.CET(°C)

Datos del Material Cálculo de la Tref

Material Curva A

Tipo de Acero Aceros al car

SMYS (Mpa)

Calcular Tref

Tref(°C)

**Fuente:** Autor

Si la inspeccion es por corrosión/ erosión y selecciona corrosión general / localizada

**Figura. 17.** Datos y dimensiones para tanques API 650

Simat

### Datos y Dimensiones del equipo

Recipiente a Presión

Tuberías

Tanque de Almacenamiento API 650

**Fuente:** Autor

Si selecciona que la corrosión general fue en un recipiente a presión

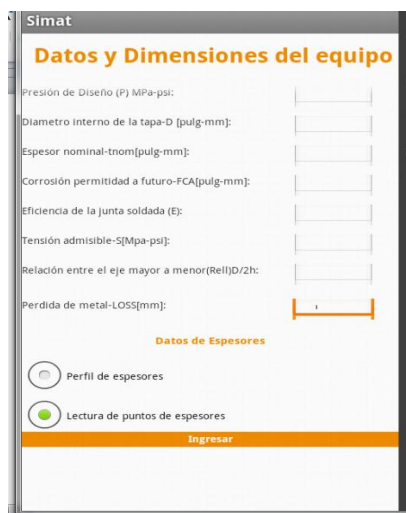
**Figura. 18.** Datos y dimensiones recipiente a presión



**Fuente:** Autor

Si selecciona recipiente cilíndrico ó recipiente esferico ó cubierta elíptica se desplegara el siguiente menu, donde se deben ingresar los datos y por ultimo seleccionar ingresar puntos espesores o perfil espesores.

**Figura. 19.** Ventana de datos para recipientes



**Fuente:** Autor

Si se selecciona lectura puntos espesores

Figura. 20. Datos puntos de espesor

The screenshot shows a software interface titled 'Simat' with a sub-header 'Datos de Inspección'. It features three columns of input fields labeled 'UbicaciónEspesores' with numbers 1 through 15. The first field (1) is highlighted with an orange border. Below the grid are labels for 'tam:', 'COV:', and a 'Calcular' button. A legend at the bottom left defines 'tam' as 'Espesor promedio medido' and 'COV' as 'Coeficiente de variación'. At the bottom, there are labels for 'tmin' and 'tmin,l' and a 'Guardar Evaluación' button.

Fuente: Autor

Si se selecciona perfil de espesores

Figura. 21. Perfil de espesores

The screenshot shows a software interface titled 'Simat' with a sub-header 'Datos de Inspección'. It features a grid of input fields for 'Planes de inspección' with rows M1-M5 and columns C1-C5. The first field (M1, C1) is highlighted with an orange border. Below the grid are labels for 'PCE Circ.', 'tmm', 'tman,s', 'tman,c', and a 'Calcular' button. A legend at the bottom left defines 'tman,c' as 'Espesor promedio medido basado en el perfil circunferencial', 'tman,s' as 'Espesor promedio medido basado en el perfil longitudinal', and 'tmm' as 'Espesor promedio medido'. At the bottom, there are labels for 'tmin' and 'tmin,l'.

Fuente: Autor

### 4.3 TABLA DE HISTORIAL DE LAS INSPECCIONES

**Figura. 22.** Tabla de inspecciones

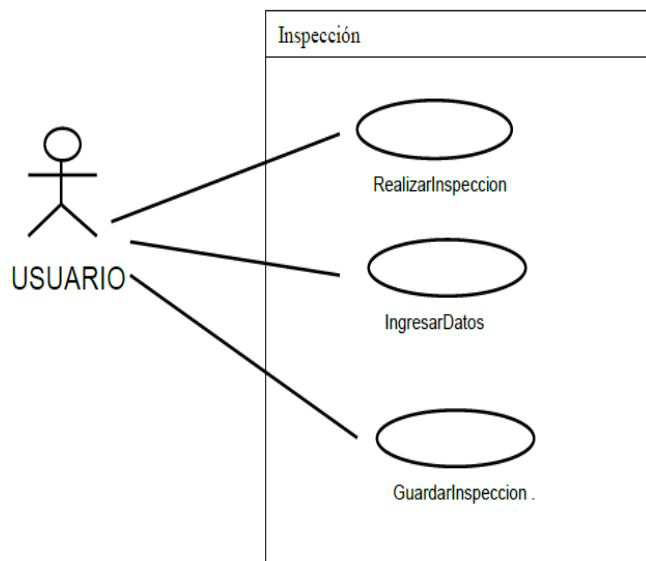
T_ Inspeccion	
id_Reporte	: INTEGER(4)
id_Equipo	: VARCHAR(100)
Fecha_Inspeccion	: VARCHAR(50)
Tipo_Dano	: VARCHAR(20)
Descripcion_Equipo	: VARCHAR(400)
Descripcion_dano	: VARCHAR
Resultado_inspeccion	: VARCHAR(400)

**Fuente:** Autor

### 4.4 DIAGRAMAS DE CASOS DE USO

REALIZAR INSPECCION

**Figura. 23.** Caso de uso de una inspección



**Fuente:** Autor

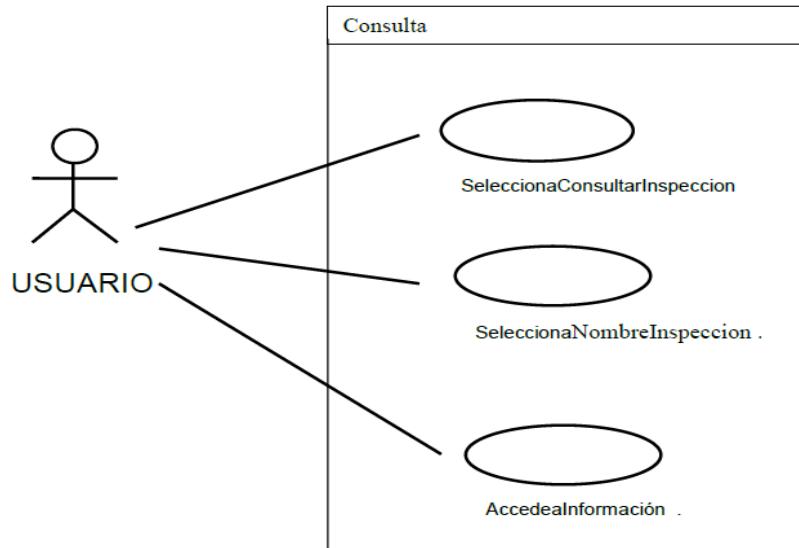
**Figura. 24.** Descripción del caso de uso inspección

<b>Nombre del Caso de Uso:</b>	Inspección
<b>Actor participante:</b>	Usuario
<b>Condición Inicial o de entrada:</b>	El usuario debe realizar una inspección. El usuario debe conocer la herramienta y debe tener conocimientos en la aplicación de la Norma API RP 579
<b>Flujo de Eventos</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. El usuario ingresa a la aplicación,</li> <li>2. selecciona la opción realizar Inspección.</li> <li>3. Selecciona el tipo de daño.</li> <li>4. Ingresa los datos solicitados según el tipo de daño.</li> <li>5. El software realiza el análisis de del caso y da su criterio basado en los parámetros de la Norma.</li> <li>6. El usuario puede Guardar la Inspección.</li> </ol>
<b>Condición de salida:</b>	El usuario realizo una o varias inspecciones, tiene criterios acerca de la magnitud del daño que se presentó y puede guardar el registro de la inspección.

**Fuente:** Autor

## CONSULTA DE INSPECCIONES

**Figura. 25.** caso de uso consulta de inspecciones



**Fuente:** Autor

<b>Nombre del Caso de Uso:</b>	Consulta
<b>Actor participante:</b>	Usuario
<b>Condición Inicial o de entrada:</b>	El usuario desea realizar la consulta de una inspección realizada para ver cuál fue el criterio dado por el software.
<b>Flujo de Eventos</b>	1.El usuario ingresa a la aplicación. 2. selecciona la opción realizar consultar Inspección. 3. selecciona el Nombre de la Inspección. 4. Accede al criterio dado por la norma.
<b>Condición de salida:</b>	El usuario ha consultado satisfactoriamente el resultado dado por el software al realizar la inspección.

Ver anexos el diseño usando la metodología XP para el desarrollo del software SIMAT. (Ver anexo A)

Ver anexos encuestas de capacitación de usuarios. (Ver anexo C)

### Cuadro de Logros cumplidos

**Figura. 26.** Logros cumplidos

Objetivos	Porcentaje de Cumplimiento	Logros
1. Analizar los requisitos funcionales y operativos del sistema, en base a los procesos de la norma API RP 579 y las necesidades del usuario.	100%	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Se realizó un estudio previo de la norma y de sus procesos con ayuda del profesor Iván Uribe Pérez, quien tiene todo el conocimiento acerca de la norma y además dicta la asignatura Análisis e Integridad de Equipos donde el estudio de esta norma es fundamental.</li> <li>✓ Se trabajó de la mano del cliente teniendo en cuenta sus necesidades, principalmente la usabilidad.</li> </ul>
2. Elaborar de la herramienta a desarrollar de manera que satisfaga las expectativas del cliente respecto a usabilidad del producto.	100%	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Se desarrolló de la mano del cliente el diseño de la herramienta utilizando la metodología xp, se realizaron historias de usuario, task cards, casos o test de pruebas y diagramas de casos de uso, con el objetivo de cumplir con las expectativas del cliente.</li> <li>✓ Se creó un manual, donde se registra paso a paso el funcionamiento de la aplicación para facilitar el manejo del software por parte de los usuarios.</li> </ul>

<p>3. Implementar la herramienta bajo la plataforma Android, que facilite guardar y consultar resultados, únicamente cuando exista conexión web.</p>	<p>90%</p>	<p>✓ La herramienta se elaboró en la plataforma android.          ✓ Se elaboró un Historial de resultados de las inspecciones, esta se encuentra subida en un servidor web y se puede acceder a esta desde cualquier equipo utilizando un usuario y una clave.</p>
<p>4. Probar la herramienta en sus diferentes actividades funcionales junto con el cliente con el fin de verificar interfaces y resultados esperados.</p>	<p>90%</p>	<p>✓ Se realizaron pruebas de cada una de las partes de la Norma para garantizar el buen funcionamiento de la misma, usando como guía ejercicios elaborados en la norma.           ✓ Se realizó verificaciones de las interfaces y se fueron modificando según las especificaciones del cliente, logrando obtener una interfaz agradable para el usuario y a su vez cómoda en el lugar de uso.</p>
<p>5. Capacitar a los usuarios para que ellos puedan hacer un manejo adecuado de la herramienta.</p>	<p>90%</p>	<p>✓ Se hizo una capacitación para los usuarios, donde se explicaba cada parte de la aplicación y como realizar cada Inspección de forma adecuada.          ✓ Se realizaron unas encuestas de satisfacción para los usuarios, en esta obtuvimos un 90% de satisfacción por parte de los mismos.</p>

**Fuente:** Autor

## CONCLUSIONES

- Al usar Android como sistemas operativo encontramos desventajas por ejemplo al tener varias aplicaciones android abiertas hace que el consumo de la batería se dispare.
- El desarrollo de una herramienta software para dispositivos móviles con un buen diseño implica una mejor navegación del usuario con la herramienta. La nueva aplicación móvil facilita al usuario el cálculo de resultados de las inspecciones.
- El desarrollo de la herramienta software para dispositivos móviles ha mostrado grandes ventajas con respecto al trabajo realizado actualmente en Campo Escuela Colorado, ya que al ser una aplicación portable se han podido realizar inspecciones en el mismo lugar, disminuyendo el tiempo en la toma de decisiones y realizando el proceso más eficaz y efectivo.
- Por medio de la administración de la base de datos, se organiza la información de cada inspección y del usuario que realizo la evaluación, adicionalmente con la inclusión de los permisos y las restricciones, mantenemos un control específico sobre cada usuario y las inspecciones que este llevo a cabo, a través de un registro histórico que servirá como evidencia en casos futuros.
- Al utilizar la metodología XP se logró trabajar en equipo, permitiendo la realimentación continua entre el equipo de desarrollo y el cliente, mejorando la comunicación entre los participantes para llegar a soluciones y de esa manera se pudo garantizar la calidad del software desarrollado.

## RECOMENDACIONES

- Se recomienda a los usuarios tener conocimiento básico de la estructura y los procesos de desarrollo de la Noma API RP 579 Fitness for Service, o en su defecto a ver cursado y aprobado la materia Análisis e Integridad de Equipos, para que puedan aprovechar al máximo la herramienta software.
- Se recomienda a los usuarios tener conocimiento en el manejo de dispositivos móviles ya que esta herramienta fue diseñada con ese fin.
- Este proyecto se realizó con el fin de promover la realización de nuevos software de Integridad Estructural elaborados dentro de la Universidad Industrial de Santander usados en dispositivos móviles, se espera que los estudiantes se motiven con este proyecto y se atrevan a desarrollar proyectos en estos campos.
- Se recomienda seguir una segunda fase del software, que abarque los conocimientos del nivel 2 y 3 de evaluación.
- Se recomienda hacer un chequeo y mantenimiento semestral, del funcionamiento de la base de datos y el correcto funcionamiento de la herramienta.

## BIBLIOGRAFÍA

- ALBERTO GAMBOA COTTE. 2011, Desarrollo de un herramienta computacional para la enseñanza de la Norma API RP 579 Fitness- for-Service (Evaluación de la Aptitud para el servicio). Bucaramanga. Vol1
- ASME, API RP 579-1/ASME FFS-1, in Fitness-For-Service. 2007, American Society of Mechanical Engineers.
- British Energy. Assessment of the integrity of structures containing defects. British Energy R-6, 1999.
- Gargenta Marco, (2011).Learning Android. Oreilly. United States of America.
- INSTITUTE, A. P. (2001). Piping Inspection Code. Inspection, Repair, Alteration, and Rerating of in- service Piping Systems API 579. Washington. D.C, U.S.A.: API Publishing Service.
- INSTITUTO NACIONAL DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. Documentación: Presentación de Tesis, trabajos de grado y otros trabajos de investigación. Santa fe de Bogotá: INCONTEC, 2013.
- Method of assessment for flaws in fusion welded joints with respect to brittle fracture and fatigue crack growth, WES 2805, 1997.
- MPC. Fitness-for-service evaluation procedures for operating pres-sure vessels, tanks, and piping in refinery and chemical service, FFS-26. New York, NY: The Material Properties Council, October, 1995.

- OTEGUI JOSE LUIS RUBERTIS ESTEBAN, CAÑERIAS Y RECIPIENTES DE PRESIÓN, Editorial EUDEM, 2008.
- Ted L. Anderson, David A. Osage. API 579: a comprehensive fitness-for-service guide. International Journal Of Pressure Vessels and Piping 77 (2000) 953-963.
- [En línea]. <http://programacionextrema.tripod.com/> [ Citado el 25 de febrero de 2010]
- [En línea][citado 20 Noviembre 2012 ], disponible en: <http://developer.android.com/sdk/index.html>
- [En línea][citado 20 Noviembre 2012], disponible en: <http://developer.android.com/sdk/eclipse-adt.html>
- [En línea][citado 15 Enero 2013 ], disponible en: <http://www.-programacionextrema.org>
- [En línea][citado 15 Enero 2013], disponible en: <http://developer.android.com/index.html>
- [En línea][citado 20 Noviembre 2012], disponible en: <http://www.chuidiang.com/ood/metodologia/extrema.php>
- [En línea][citado 24 Noviembre 2012], disponible en: [http://www.carmagen.com/news/engineering\\_articles/news29.htm](http://www.carmagen.com/news/engineering_articles/news29.htm)
- [En línea][citado 7 Noviembre 2012 ], disponible en: <http://www.api.org/>

## ANEXOS

### Anexo A. Planeación: historias de los usuarios

<b>Historia de Usuario</b>	
<b>Número:</b> 1	<b>Usuario:</b> Iván Uribe Pérez
<b>Nombre historia:</b> Desarrollo fase fractura frágil	
<b>Prioridad en negocio:</b> Alta (Alta / Media / Baja)	<b>Riesgo en desarrollo:</b> Medio (Alta / Media / Baja)
<b>Puntos estimados:</b> 4	<b>Iteración asignada:</b> 1
<b>Programador responsable:</b> Leidy Johanna Saavedra Quintero, Yeimy Katherine Galvis Duarte	
<b>Descripción:</b> Se realiza la evaluación, el análisis y la programación de la sección 3 Fractura Frágil, (página 45 Fitness- for- Service, API 579-1/ASME FFS-1, JUNE 5 2007).	
<b>Observaciones:</b> Confirmado con el Cliente	

**Fuente:** Autor

### Task Card

<b>Tarea de Ingeniería</b>	
<b>Número Tarea:</b> 001	<b>Historia de Usuario (Nro. y Nombre):</b> 1 Iván Uribe Pérez
<b>Nombre Tarea:</b> Desarrollo fase fractura frágil	
<b>Tipo de Tarea :</b> digitar el valor de CET; hacer el cálculo del Mat siguiendo las indicaciones de la Norma en la sección 3, usar la tabla de selección de curvas de exención dadas en la figura 3.4, reducir el Mat si es posible y aplicar los criterios de evaluación de este nivel. (seguir el proceso del diagrama de flujo de la figura 8.7)	<b>Puntos Estimados:</b> 4
<b>Fecha Inicio:</b> 15 Octubre 2012	<b>Fecha Fin:</b> 30 Octubre 2012

**Fuente:** Autor

<b>Tarea de Ingeniería</b>	
<b>Número Tarea:</b> 002	<b>Historia de Usuario (Nro. y Nombre):</b> 1 Iván Uribe Pérez
<b>Nombre Tarea:</b> Desarrollo fase fractura frágil	
<b>Tipo de Tarea :</b> Realizar el desarrollo en partes estructuradas como lo muestra el proceso de la norma . Para recipientes a presión, tuberías y tanques	<b>Puntos Estimados:</b> 4
<b>Fecha Inicio:</b> 15 Octubre 2012	<b>Fecha Fin:</b> 30 Octubre 2012

**Fuente:** Autor

<b>Tarea de Ingeniería</b>	
<b>Número Tarea:</b> 003	<b>Historia de Usuario (Nro. y Nombre):</b> <b>1</b> Iván Uribe Pérez
<b>Nombre Tarea:</b> Desarrollo fase fractura frágil	
<b>Tipo de Tarea :</b> Realizar por cada tipo de material una sección y hacerla en botones color naranja letra y blanca, que sea agradable para el usuario para cada una de las secciones de la Norma API RP 579	<b>Puntos Estimados:</b> 4
<b>Fecha Inicio:</b> 15 Octubre 2012	<b>Fecha Fin:</b> 30 Octubre 2012

<b>Historia de Usuario</b>	
<b>Número:</b> 2	<b>Usuario:</b> Iván Uribe Pérez
<b>Nombre historia:</b> Desarrollo fase Corrosión- Erosión	
<b>Prioridad en negocio:</b> Alta (Alta / Media / Baja)	<b>Riesgo en desarrollo:</b> Medio (Alta / Media / Baja)
<b>Puntos estimados:</b> 4	<b>Iteración asignada:</b> 1
<b>Programador responsable:</b> Leydi Johanna Saavedra Quintero, Yeimy Katherine Galvis Duarte	
<b>Descripción:</b> Se realiza la evaluación, el análisis y la programación de la sección 4 Corrosión-Erosión, (página 87 Fitness- for- Service, API 579-1/ASME FFS-1, JUNE 5 2007).	
<b>Observaciones:</b> Confirmado con el Cliente	

**Fuente:** Autor

<b>Tarea de Ingeniería</b>	
<b>Número Tarea:</b> 004	<b>Historia de Usuario (Nro. y Nombre):</b> <b>2</b> Iván Uribe Pérez
<b>Nombre Tarea:</b> Desarrollo fase Corrosión- Erosión	
<b>Tipo de Tarea:</b> Realizar el desarrollo en partes estructuradas como lo muestra el proceso de la norma. Para el tipo de corrosión el proceso es diferente, así que se harán por separado basándose en el modelo de la Norma,	<b>Puntos Estimados:</b> 4
<b>Fecha Inicio:</b> 02 Noviembre 2012	<b>Fecha Fin:</b> 18 Noviembre 2012

**Fuente:** Autor

<b>Tarea de Ingeniería</b>	
<b>Número Tarea:</b> 005	<b>Historia de Usuario (Nro. y Nombre):</b> <b>2</b> Iván Uribe Pérez
<b>Nombre Tarea:</b> Desarrollo fase Corrosión- Erosión	
<b>Tipo de Tarea:</b> en corrosión por picado se ingresan los datos del equipo se calcula el espesor corroído a futuro y la máxima presión de operación admisible	<b>Puntos Estimados:</b> 4
<b>Fecha Inicio:</b> 02 Noviembre 2012	<b>Fecha Fin:</b> 18 Noviembre 2012

<b>Historia de Usuario</b>	
<b>Número:</b> 3	<b>Usuario:</b> Iván Uribe Pérez
<b>Nombre historia:</b> Desarrollo fase Pérdida Localizada de Metal	
<b>Prioridad en negocio:</b> Alta (Alta / Media / Baja)	<b>Riesgo en desarrollo:</b> Medio (Alta / Media / Baja)
<b>Puntos estimados:</b> 4	<b>Iteración asignada:</b> 1
<b>Programador responsable:</b> Leydi Johanna Saavedra Quintero, Yeimy Katherine Galvis Duarte	
<b>Descripción:</b> Se realiza la evaluación, el análisis y la programación de la sección 5 Pérdida Localizada de Metal, (página 119 Fitness- for- Service, API 579-1/ASME FFS-1, JUNE 5 2007).	
<b>Observaciones:</b> Confirmado con el Cliente	

**Fuente:** Autor

<b>Tarea de Ingeniería</b>	
<b>Número Tarea:</b> 006	<b>Historia de Usuario (Nro. y Nombre):</b> <b>3</b> Iván Uribe Pérez
<b>Nombre Tarea:</b> Desarrollo fase Pérdida Localizada de Metal	
<b>Tipo de Tarea:</b> en corrosión por picado se ingresan los datos del equipo se calcula el espesor corroído a futuro y la máxima presión de operación admisible	<b>Puntos Estimados:</b> 4
<b>Fecha Inicio:</b> 20 Noviembre	<b>Fecha Fin:</b> 15 Diciembre 2012

**Fuente:** Autor

<b>Historia de Usuario</b>	
<b>Número:</b> 4	<b>Usuario:</b> Iván Uribe Pérez
<b>Nombre historia:</b> Desarrollo fase Pérdida General de Metal	
<b>Prioridad en negocio:</b> Alta (Alta / Media / Baja)	<b>Riesgo en desarrollo:</b> Medio (Alta / Media / Baja)
<b>Puntos estimados:</b> 4	<b>Iteración asignada:</b> 1
<b>Programador responsable:</b> Leydi Johanna Saavedra Quintero, Yeimy Katherine Galvis Duarte	
<b>Descripción:</b> Se realiza la evaluación, el análisis y la programación de la sección 6 Corrosión por Picado, (página 191 Fitness- for- Service, API 579-1/ASME FFS-1, JUNE 5 2007).	
<b>Observaciones:</b> Confirmado con el Cliente	

<b>Tarea de Ingeniería</b>	
<b>Número Tarea:</b> 007	<b>Historia de Usuario (Nro. y Nombre):</b> 2 Iván Uribe Pérez
<b>Nombre Tarea:</b> Desarrollo fase Corrosión- Erosión	
<b>Tipo de Tarea:</b> en perdida General Localizada selecciona los datos del material y los ingresa, selecciona lectura de puntos de espesor o perfil de espesores; ingresa los datos de inspección se calcula el espesor medido y el coeficiente de variación.	<b>Puntos Estimados:</b> 4
<b>Fecha Inicio:</b> 02 Noviembre 2012	<b>Fecha Fin:</b> 18 Noviembre 2012

<b>Tarea de Ingeniería</b>	
<b>Número Tarea:</b> 008	<b>Historia de Usuario (Nro. y Nombre):</b> 4 Iván Uribe Pérez
<b>Nombre Tarea:</b> Desarrollo fase Pérdida Localizada de Metal	
<b>Tipo de Tarea:</b> hay 3 diferentes tipos de recipientes y para cada uno de ellos hay una toma de datos diferentes, el proceso a seguir está en la norma API RP 579	<b>Puntos Estimados:</b> 4
<b>Fecha Inicio:</b> 20 Noviembre	<b>Fecha Fin:</b> 15 Diciembre 2012

<b>Historia de Usuario</b>	
<b>Número:</b> 5	<b>Usuario:</b> Iván Uribe Pérez
<b>Nombre historia:</b> Desarrollo fase Daños por Hidrogeno	
<b>Prioridad en negocio:</b> Alta (Alta / Media / Baja)	<b>Riesgo en desarrollo:</b> Medio (Alta / Media / Baja)
<b>Puntos estimados:</b> 4	<b>Iteración asignada:</b> 1
<b>Programador responsable:</b> Leidy Johanna Saavedra Quintero, Yeimy Katherine Galvis Duarte	
<b>Descripción:</b> Se realiza la evaluación, el análisis y la programación de la sección 7 Daños por Hidrogeno, (página 157 Fitness- for- Service, API 579-1/ASME FFS-1, JUNE 5 2007).	
<b>Observaciones:</b> Confirmado con el Cliente	

**Fuente:** Autor

<b>Tarea de Ingeniería</b>	
<b>Número Tarea:</b> 008	<b>Historia de Usuario (Nro. y Nombre):</b> 5 Iván Uribe Pérez
<b>Nombre Tarea:</b> Desarrollo fase Daños por Hidrogeno	
<b>Tipo de Tarea :</b> ingresa datos y dimensiones del equipo, se selecciona uno de los 3 tipos de daños.	<b>Puntos Estimados:</b> 4
<b>Fecha Inicio:</b> 02 Diciembre 2012	<b>Fecha Fin:</b> 14 Diciembre 2012
<b>Programador Responsable:</b> Leidy Johanna Saavedra Quintero Yeimy Katherine Galvis Duarte	
<b>Descripción:</b> Se realiza la evaluación, el análisis y la programación de la sección 7 Daños por Hidrogeno, (página 157 Fitness- for- Service, API 579-1/ASME FFS-1, JUNE 5 2007).	

**Fuente:** Autor

<b>Tarea de Ingeniería</b>	
<b>Número Tarea:</b> 009	<b>Historia de Usuario (Nro. y Nombre):</b> 5 Iván Uribe Pérez
<b>Nombre Tarea:</b> Desarrollo fase Daños por Hidrogeno	
<b>Tipo de Tarea:</b> para agrietamiento por HIC, agregamos los datos del daño, calculamos el nivel de riesgo según el proceso encontrado en la Norma.	<b>Puntos Estimados:</b> 4
<b>Fecha Inicio:</b> 02 Diciembre 2012	<b>Fecha Fin:</b> 14 Diciembre 2012
<b>Programador Responsable:</b> Leidy Johanna Saavedra Quintero Yeimy Katherine Galvis Duarte	
<b>Descripción:</b> Se realiza la evaluación, el análisis y la programación de la sección 7 Daños por Hidrogeno, (página 157 Fitness- for- Service, API 579-1/ASME FFS-1, JUNE 5 2007).	

**Fuente:** Autor

<b>Tarea de Ingeniería</b>	
<b>Número Tarea:</b> 010	<b>Historia de Usuario (Nro. y Nombre):</b> 5 Iván Uribe Pérez
<b>Nombre Tarea:</b> Desarrollo fase Daños por Hidrogeno	
<b>Tipo de Tarea :</b> ingresa datos de daño por Ampollamiento y se realiza el proceso establecido en la Norma API 579	<b>Puntos Estimados:</b> 4
<b>Fecha Inicio:</b> 02 Diciembre 2012	<b>Fecha Fin:</b> 14 Diciembre 2012
<b>Programador Responsable:</b> Leidy Johanna Saavedra Quintero Yeimy Katherine Galvis Duarte	
<b>Descripción:</b> Se realiza la evaluación, el análisis y la programación de la sección 7 Daños por Hidrogeno, (página 157 Fitness- for- Service, API 579-1/ASME FFS-1, JUNE 5 2007).	

**Fuente:** Autor

<b>Historia de Usuario</b>	
<b>Número:</b> 6	<b>Usuario:</b> Iván Uribe Pérez
<b>Nombre historia:</b> Desarrollo fase Desalineación de Soldaduras y Distorsiones	
<b>Prioridad en negocio:</b> Alta (Alta / Media / Baja)	<b>Riesgo en desarrollo:</b> Medio (Alta / Media / Baja)
<b>Puntos estimados:</b> 4	<b>Iteración asignada:</b> 1
<b>Programador responsable:</b> Leidy Johanna Saavedra Quintero, Yeimy Katherine Galvis Duarte	
<b>Descripción:</b> Se realiza la evaluación, el análisis y la programación de la sección 8 Desalineación de Soldaduras y Distorsiones, (página 223 Fitness- for- Service, API 579-1/ASME FFS-1, JUNE 5 2007).	
<b>Observaciones:</b> Confirmado con el Cliente	

**Fuente:** Autor

<b>Tarea de Ingeniería</b>	
<b>Número Tarea:</b> 006	<b>Historia de Usuario (Nro. y Nombre):</b> 6 Iván Uribe Pérez
<b>Nombre Tarea:</b> Desarrollo fase Desalineación de Soldaduras y Distorsiones, se selecciona el tipo de daño seguido de esto se ingresa los datos, siguiendo con el proceso de la Norma.	
<b>Tipo de Tarea :</b> Desarrollo	<b>Puntos Estimados:</b> 4
<b>Fecha Inicio:</b> 15 Enero 2013	<b>Fecha Fin:</b> 29 Enero 2013
<b>Programador Responsable:</b> Leidy Johanna Saavedra Quintero Yeimy Katherine Galvis Duarte	
<b>Descripción:</b> Se realiza la evaluación, el análisis y la programación de la sección 8 Desalineación de Soldaduras y Distorsiones, (página 223 Fitness- for- Service, API 579-1/ASME FFS-1,	

**Fuente:** Autor

<b>Historia de Usuario</b>	
<b>Número:</b> 7	<b>Usuario:</b> Iván Uribe Pérez
<b>Nombre historia:</b> Desarrollo fase Evaluación de Grietas	
<b>Prioridad en negocio:</b> Alta (Alta / Media / Baja)	<b>Riesgo en desarrollo:</b> Medio (Alta / Media / Baja)
<b>Puntos estimados:</b> 4	<b>Iteración asignada:</b> 1
<b>Programador responsable:</b> Leidy Johanna Saavedra Quintero, Yeimy Katherine Galvis Duarte	
<b>Descripción:</b> Se realiza la evaluación, el análisis y la programación de la sección 9 Evaluación de Grietas, (página 269 Fitness- for- Service, API 579-1/ASME FFS-1, JUNE 5 2007).	
<b>Observaciones:</b> Confirmado con el Cliente	

**Fuente:** Autor

<b>Tarea de Ingeniería</b>	
<b>Número Tarea:</b> 007	<b>Historia de Usuario (Nro. y Nombre):</b> 7 Iván Uribe Pérez
<b>Nombre Tarea:</b> Desarrollo fase Evaluación de Grietas	
<b>Tipo de Tarea :</b> Desarrollo	<b>Puntos Estimados:</b> 4
<b>Fecha Inicio:</b> 04 Febrero 2013	<b>Fecha Fin:</b> 22 Febrero 2013
<b>Programador Responsable:</b> Leidy Johanna Saavedra Quintero Yeimy Katherine Galvis Duarte	
<b>Descripción:</b> Se realiza la evaluación, el análisis y la programación de la sección 9 Evaluación de Grietas, (página 269 Fitness- for- Service, API 579-1/ASME FFS-1, JUNE 5 2007)	

**Fuente:** Autor

<b>Historia de Usuario</b>	
<b>Número:</b> 8	<b>Usuario:</b> Iván Uribe Pérez
<b>Nombre historia:</b> Desarrollo fase Daños por Creep	
<b>Prioridad en negocio:</b> Alta (Alta / Media / Baja)	<b>Riesgo en desarrollo:</b> Medio (Alta / Media / Baja)
<b>Puntos estimados:</b> 4	<b>Iteración asignada:</b> 1
<b>Programador responsable:</b> Leidy Johanna Saavedra Quintero, Yeimy Katherine Galvis Duarte	
<b>Descripción:</b> Se realiza la evaluación, el análisis y la programación de la sección 10 Daños por Creep, (página 339 Fitness- for- Service, API 579-1/ASME FFS-1, JUNE 5 2007).	
<b>Observaciones:</b> Confirmado con el Cliente	

**Fuente:** Autor

## Task Card

<b>Tarea de Ingeniería</b>	
<b>Número Tarea:</b> 008	<b>Historia de Usuario (Nro. y Nombre):</b> 8 Iván Uribe Pérez
<b>Nombre Tarea:</b> Desarrollo fase Daños por Creep	
<b>Tipo de Tarea :</b> Desarrollo	<b>Puntos Estimados:</b> 4
<b>Fecha Inicio:</b> 25 Febrero 2013	<b>Fecha Fin:</b> 08 Marzo 2013
<b>Programador Responsable:</b> Leidy Johanna Saavedra Quintero Yeimy Katherine Galvis Duarte	
<b>Descripción:</b> Se realiza la evaluación, el análisis y la programación de la sección 10 Daños por Creep, (página 339 Fitness- for- Service, API 579-1/ASME FFS-1, JUNE 5 2007).	

**Fuente:** Autor

<b>Historia de Usuario</b>	
<b>Número:</b> 10	<b>Usuario:</b> Iván Uribe Pérez
<b>Nombre historia:</b> Desarrollo fase Daños por Fuego	
<b>Prioridad en negocio:</b> Alta (Alta / Media / Baja)	<b>Riesgo en desarrollo:</b> Medio (Alta / Media / Baja)
<b>Puntos estimados:</b> 4	<b>Iteración asignada:</b> 1
<b>Programador responsable:</b> Leidy Johanna Saavedra Quintero, Yeimy Katherine Galvis Duarte	
<b>Descripción:</b> Se realiza la evaluación, el análisis y la programación de la sección 11 Daños por Fuego, (página 435 Fitness- for- Service, API 579-1/ASME FFS-1, JUNE 5 2007).	
<b>Observaciones:</b> Confirmado con el Cliente	

<b>Caso de Prueba de Aceptación</b>	
<b>Código:</b> 010	<b>Historia de Usuario (Nro. y Nombre):</b> 10 Iván Uribe Pérez
<b>Nombre:</b> Desarrollo fase Daños por Fuego	
<b>Descripción:</b> Se realiza la evaluación, el análisis y la programación de la sección 11 Daños por Fuego, (página 435 Fitness- for- Service, API 579-1/ASME FFS-1, JUNE 5 2007).	
<b>Condiciones de Ejecución:</b> Terminado	
<b>Entrada / Pasos de ejecución:</b> Análisis, diseño y desarrollo	
<b>Resultado Esperado:</b> Cumple con las condiciones presentes en la norma la sección 11 Daños por Fuego, (página 435 Fitness- for- Service, API 579-1/ASME FFS-1, JUNE 5 2007).	
<b>Evaluación de la Prueba:</b> Aprobado	

**Fuente:** Autor

<b>Historia de Usuario</b>	
<b>Número:</b> 11	<b>Usuario:</b> Iván Uribe Pérez
<b>Nombre historia:</b> Desarrollo fase Daños de Abolladura y Entallas	
<b>Prioridad en negocio:</b> Alta (Alta / Media / Baja)	<b>Riesgo en desarrollo:</b> Medio (Alta / Media / Baja)
<b>Puntos estimados:</b> 4	<b>Iteración asignada:</b> 1
<b>Programador responsable:</b> Leidy Johanna Saavedra Quintero, Yeimy Katherine Galvis Duarte	
<b>Descripción:</b> Se realiza la evaluación, el análisis y la programación de la sección 12 Daños de Abolladura y Entallas, (página 495 Fitness- for- Service, API 579-1/ASME FFS-1, JUNE 5 2007).	
<b>Observaciones:</b> Confirmado con el Cliente	

**Fuente:** Autor

<b>Tarea de Ingeniería</b>	
<b>Número Tarea:</b> 011	<b>Historia de Usuario (Nro. y Nombre):</b> 11 Iván Uribe Pérez
<b>Nombre Tarea:</b> Desarrollo fase Daños de Abolladura y Entallas	
<b>Tipo de Tarea :</b> Desarrollo	<b>Puntos Estimados:</b> 4
<b>Fecha Inicio:</b> 15 Abril 2013	<b>Fecha Fin:</b> 26 Abril 2013
<b>Programador Responsable:</b> Leidy Johanna Saavedra Quintero Yeimy Katherine Galvis Duarte	
<b>Descripción:</b> Se realiza la evaluación, el análisis y la programación de la sección 11 Daños por Fuego, (página 435 Fitness- for- Service, API 579-1/ASME FFS-1, JUNE 5 2007).	

**Fuente:** Autor

<b>Historia de Usuario</b>	
<b>Número:</b> 12	<b>Usuario:</b> Iván Uribe Pérez
<b>Nombre historia:</b> Desarrollo fase Laminaciones	
<b>Prioridad en negocio:</b> Alta (Alta / Media / Baja)	<b>Riesgo en desarrollo:</b> Medio (Alta / Media / Baja)
<b>Puntos estimados:</b> 4	<b>Iteración asignada:</b> 1
<b>Programador responsable:</b> Leidy Johanna Saavedra Quintero, Yeimy Katherine Galvis Duarte	
<b>Descripción:</b> Se realiza la evaluación, el análisis y la programación de la sección 13, (página 517 Fitness- for- Service, API 579-1/ASME FFS-1, JUNE 5 2007).	
<b>Observaciones:</b> Confirmado con el Cliente	

**Fuente:** Autor

<b>Tarea de Ingeniería</b>	
<b>Número Tarea:</b> 017	<b>Historia de Usuario (Nro. y Nombre):</b> 12 Iván Uribe Pérez
<b>Nombre Tarea:</b> Desarrollo fase Laminaciones	
<b>Tipo de Tarea :</b> elaboración de la sección de laminaciones encontrada en la Norma API RP 579, haciendo una elaboración preliminar del daño , he ingresado los datos necesarios para esta sección.	<b>Puntos Estimados:</b> 4
<b>Fecha Inicio:</b> 15 Abril 2013	<b>Fecha Fin:</b> 26 Abril 2013
<b>Programador Responsable:</b> Leidy Johanna Saavedra Quintero Yeimy Katherine Galvis Duarte	

**Fuente:** Autor

### Diseño Simple

El sistema se diseña con la máxima simplicidad posible. Se plasma el diseño en tarjetas

CRC (Clase – Responsabilidad - Colaboración), no se implementan características que no son necesarias, con esta técnica, las clases descubiertas durante el análisis pueden ser filtradas para determinar qué clases son realmente necesarias para el sistema

### Tarjetas CRC (Clase – Responsabilidad – Colaborador)

<b>Fractura Frágil</b>	
Tipo de equipo: recipientes a presión, Tanque de almacenamiento de componentes de tuberías Tipo y ubicación de componentes: Tolerancia Futura de corrosión: Diámetro interior. Espesor mínimo requerido. Dimensiones de fallas (s & c). Introducir los datos de espesor para cada uno de los planos de inspección	Evaluación Grietas

**Fuente:** Autor

Corrosión Erosión	
<p>Espesor corroído a futuro  Perdida de metal  Corrosión permitirle a futuro</p>	<p>Perdida General de Metal  Perdida Localizada de Metal  Corrosión por Picado  Daños por Hidrogeno</p>

**Fuente:** Autor

Grietas	
<p>Tipo de equipo:  recipientes a presión, Tanque de almacenamiento de componentes de tuberías  Tipo y ubicación de componentes:  Temperatura de Evaluación (típicamente la temperatura mínima a la máxima presión):  Presión de evaluación:  Localización de defectos (con base metálica, soldadura de metal o HAZ):  Ubicación Superficie (ID, OD a través de la pared):  Tipo de Defecto (superficie o incrustado):  Defecto de Orientación Para la costura de soldadura (paralelo o perpendicular):  Profundidad de defectos y longitud (una y 2c):  Defecto de profundidad bajo la superficie (d - Defecto incorporado):  Axial o circunferencial grieta:  Código de diseño:  Materia prima pliego de condiciones:  Soldar Especificación Material:  Espesor de la pared:  PSMA:  Medio Ambiente de proceso:  Diseño Presión y Temperatura:  Cíclicos condiciones de carga:  Método de Inspección - Defecto Duración:  Método de Inspección - Defecto Profundidad:  Método de Inspección - Defecto Profundidad bajo la superficie:</p>	

**Fuente:** Autor

Daños Por Fuego	
<p>Tipo de equipo:  recipientes a presión, Tanque de almacenamiento de componentes de tuberías  Tipo y ubicación de componentes: Material de selección del Equipo  Ingresar Temperatura  Ingresar Zona de Exposición</p>	<p>Perdida General de Metal  Perdida Localizada de Metal  Evaluación de desalineación, soldadura y distorsiones.  Evaluación de Grietas  Evaluación de daños por Creep.</p>

**Fuente:** Autor

Daños por Creep	
Tipo de equipo: recipientes a presión, Tanque de almacenamiento de componentes de tuberías Tipo y ubicación de componentes: Tolerancia Futura de corrosión: Diámetro interior.	Evaluación de desalineación, soldadura y distorsiones. Evaluación de Grietas Evaluación de laminaciones

**Fuente:** Autor

Daños Mecánicos	
Tipo de equipo: recipientes a presión, Tanque de almacenamiento de componentes de tuberías Medio Ambiente de proceso: Diseño Presión y Temperatura: Cíclicas condiciones de carga: Método de Inspección - Defecto Duración: Método de Inspección - Defecto Profundidad: Método de Inspección - Defecto Profundidad bajo la superficie:	Perdida General de Metal Perdida Localizada de Metal Evaluación de desalineación, soldadura y distorsiones. Evaluación de Grietas Evaluación de laminaciones

**Fuente:** Autor

Evaluación de Laminaciones	
Tipo de equipo: recipientes a presión, Tanque de almacenamiento de componentes de tuberías Dimensión longitudinal de la laminación circunferencial de la laminación Distancia entre la laminación 1 y la laminación 2 Altura de la laminación Distancia de la laminación al cordón de soldadura Distancia de la laminación a la discontinuidad principal Espesor mínimo remanente sin daño	Perdida General de Metal Perdida Localizada de Metal Evaluación de desalineación, soldadura y distorsiones. Evaluación de Grietas Evaluación de laminaciones

**Fuente:** Autor

Desalineación, soldadura y distorsiones.	
Tipo de equipo: recipientes a presión, Tanque de almacenamiento de componentes de tuberías Diámetro Interno Diámetro Interno corroído	Perdida General de Metal Perdida Localizada de Metal Evaluación de Grietas Evaluación de daños por Creep.

**Fuente:** Autor

## Pruebas de aceptación o pruebas funcionales

<b>Caso de Prueba de Aceptación</b>	
<b>Código: 001</b>	<b>Historia de Usuario (Nro. y Nombre): 1</b> Iván Uribe Pérez
<b>Nombre:</b> Desarrollo fase fractura frágil	
<b>Descripción:</b> Se realiza la evaluación, el análisis y la programación de la sección 3 Fractura Frágil, (página 45 Fitness- for- Service, API 579-1/ASME FFS-1, JUNE 5 2007).	
<b>Condiciones de Ejecución:</b> Terminado	
<b>Entrada / Pasos de ejecución:</b> Análisis, diseño y desarrollo	
<b>Resultado Esperado:</b> Cumple con las condiciones presentes en la norma en la sección 3 Fractura Frágil, (página 45 Fitness- for- Service, API 579-1/ASME FFS-1, JUNE 5 2007).	
<b>Evaluación de la Prueba:</b> Aprobado	

**Fuente:** Autor

<b>Caso de Prueba de Aceptación</b>	
<b>Código: 002</b>	<b>Historia de Usuario (Nro. y Nombre): 2</b> Iván Uribe Pérez
<b>Nombre:</b> Desarrollo fase Corrosión- Erosión	
<b>Descripción:</b> Se realiza la evaluación, el análisis y la programación de la sección 4 Corrosión-Erosión, (página 87 Fitness- for- Service, API 579-1/ASME FFS-1, JUNE 5 2007).	
<b>Condiciones de Ejecución:</b> Terminado	
<b>Entrada / Pasos de ejecución:</b> Análisis, diseño y desarrollo	
<b>Resultado Esperado:</b> Cumple con las condiciones presentes en la norma, la sección 4 Corrosión-Erosión, (página 87 Fitness- for- Service, API 579-1/ASME FFS-1, JUNE 5 2007).JUNE 5 2007).	
<b>Evaluación de la Prueba:</b> Aprobado	

**Fuente:** Autor

<b>Caso de Prueba de Aceptación</b>	
<b>Código: 003</b>	<b>Historia de Usuario (Nro. y Nombre): 3</b> Iván Uribe Pérez
<b>Nombre:</b> Desarrollo fase Pérdida Localizada de Metal	
<b>Descripción:</b> Se realiza la evaluación, el análisis y la programación de la sección 5 Pérdida Localizada de Metal, (página 119 Fitness- for- Service, API 579-1/ASME FFS-1, JUNE 5 2007).	
<b>Condiciones de Ejecución:</b> Terminado	
<b>Entrada / Pasos de ejecución:</b> Análisis, diseño y desarrollo	
<b>Resultado Esperado:</b> Cumple con las condiciones presentes en la norma la sección 5 Pérdida Localizada de Metal, (página 119 Fitness- for- Service, API 579-1/ASME FFS-1, JUNE 5 2007).	
<b>Evaluación de la Prueba:</b> Aprobado	

**Fuente:** Autor

<b>Caso de Prueba de Aceptación</b>	
<b>Código: 004</b>	<b>Historia de Usuario (Nro. y Nombre): 4</b> Iván Uribe Pérez
<b>Nombre:</b> Desarrollo fase Pérdida Localizada de Metal	
<b>Descripción:</b> Se realiza la evaluación, el análisis y la programación de la sección 5 Pérdida Localizada de Metal, (página 119 Fitness- for- Service, API 579-1/ASME FFS-1, JUNE 5 2007).	
<b>Condiciones de Ejecución:</b> Terminado	
<b>Entrada / Pasos de ejecución:</b> Análisis, diseño y desarrollo	
<b>Resultado Esperado:</b> Cumple con las condiciones presentes en la norma la la sección 6 Corrosión por Picado, (página 191 Fitness- for- Service, API 579-1/ASME FFS-1, JUNE 5 2007).	
<b>Evaluación de la Prueba:</b> Aprobado	

**Fuente:** Autor

<b>Caso de Prueba de Aceptación</b>	
<b>Código: 005</b>	<b>Historia de Usuario (Nro. y Nombre): 5</b> Iván Uribe Pérez
<b>Nombre:</b> Desarrollo fase Daños por Hidrogeno	
<b>Descripción:</b> Se realiza la evaluación, el análisis y la programación de la sección 7 Daños por Hidrogeno, (página 157 Fitness- for- Service, API 579-1/ASME FFS-1, JUNE 5 2007).	
<b>Condiciones de Ejecución:</b> Terminado	
<b>Entrada / Pasos de ejecución:</b> Análisis, diseño y desarrollo	
<b>Resultado Esperado:</b> Cumple con las condiciones presentes en la norma la sección 7 Daños por Hidrogeno, (página 157 Fitness- for- Service, API 579-1/ASME FFS-1, JUNE 5 2007).	
<b>Evaluación de la Prueba:</b> Aprobado	

**Fuente:** Autor

<b>Caso de Prueba de Aceptación</b>	
<b>Código: 006</b>	<b>Historia de Usuario (Nro. y Nombre): 6</b> Iván Uribe Pérez
<b>Nombre:</b> Desarrollo fase Desalineación de Soldaduras y Distorsiones	
<b>Descripción:</b> Se realiza la evaluación, el análisis y la programación de la sección 8 Desalineación de Soldaduras y Distorsiones, (página 223 Fitness- for- Service, API 579-1/ASME FFS-1,	
<b>Condiciones de Ejecución:</b> Terminado	
<b>Entrada / Pasos de ejecución:</b> Análisis, diseño y desarrollo	
<b>Resultado Esperado:</b> Cumple con las condiciones presentes en la norma la sección 8 Desalineación de Soldaduras y Distorsiones, (página 223 Fitness- for- Service, API 579-1/ASME FFS-1,	
<b>Evaluación de la Prueba:</b> Aprobado	

**Fuente:** Autor

<b>Caso de Prueba de Aceptación</b>	
<b>Código: 007</b>	<b>Historia de Usuario (Nro. y Nombre): 7</b> Iván Uribe Pérez
<b>Nombre:</b> Desarrollo fase Evaluación de Grietas	
<b>Descripción:</b> Se realiza la evaluación, el análisis y la programación de la sección 9 Evaluación de Grietas, (página 269 Fitness- for- Service, API 579-1/ASME FFS-1, JUNE 5 2007)	
<b>Condiciones de Ejecución:</b> Terminado	
<b>Entrada / Pasos de ejecución:</b> Análisis, diseño y desarrollo	
<b>Resultado Esperado:</b> Cumple con las condiciones presentes en la norma la sección 9 Evaluación de Grietas, (página 269 Fitness- for- Service, API 579-1/ASME FFS-1, JUNE 5 2007).	
<b>Evaluación de la Prueba:</b> Aprobado	
<b>Fuente:</b> Autor	

<b>Caso de Prueba de Aceptación</b>	
<b>Código: 008</b>	<b>Historia de Usuario (Nro. y Nombre): 8</b> Iván Uribe Pérez
<b>Nombre:</b> Desarrollo fase Daños por Creep	
<b>Descripción:</b> Se realiza la evaluación, el análisis y la programación de la sección 10 Daños por Creep, (página 339 Fitness- for- Service, API 579-1/ASME FFS-1, JUNE 5 2007).	
<b>Condiciones de Ejecución:</b> Terminado	
<b>Entrada / Pasos de ejecución:</b> Análisis, diseño y desarrollo	
<b>Resultado Esperado:</b> Cumple con las condiciones presentes en la norma la sección 10 Daños por Creep, (página 339 Fitness- for- Service, API 579-1/ASME FFS-1, JUNE 5 2007).	
<b>Evaluación de la Prueba:</b> Aprobado	
<b>Fuente:</b> Autor	

<b>Caso de Prueba de Aceptación</b>	
<b>Código: 009</b>	<b>Historia de Usuario (Nro. y Nombre): 9</b> Iván Uribe Pérez
<b>Nombre:</b> Desarrollo fase Evaluación de Grietas	
<b>Descripción:</b> Se realiza la evaluación, el análisis y la programación de la sección 10 Daños por Creep, (página 339 Fitness- for- Service, API 579-1/ASME FFS-1, JUNE 5 2007).	
<b>Condiciones de Ejecución:</b> Terminado	
<b>Entrada / Pasos de ejecución:</b> Análisis, diseño y desarrollo	
<b>Resultado Esperado:</b> Cumple con las condiciones presentes en la norma la sección 9 Evaluación de Grietas, (página 269 Fitness- for- Service, API 579-1/ASME FFS-1, JUNE 5 2007).	
<b>Evaluación de la Prueba:</b> Aprobado	
<b>Fuente:</b> Autor	

<b>Caso de Prueba de Aceptación</b>	
<b>Código: 010</b>	<b>Historia de Usuario (Nro. y Nombre): 10</b> Iván Uribe Pérez
<b>Nombre:</b> Desarrollo fase Daños por Fuego	
<b>Descripción:</b> Se realiza la evaluación, el análisis y la programación de la sección 11 Daños por Fuego, (página 435 Fitness- for- Service, API 579-1/ASME FFS-1, JUNE 5 2007).	
<b>Condiciones de Ejecución:</b> Terminado	
<b>Entrada / Pasos de ejecución:</b> Análisis, diseño y desarrollo	
<b>Resultado Esperado:</b> Cumple con las condiciones presentes en la norma la sección 11 Daños por Fuego, (página 435 Fitness- for- Service, API 579-1/ASME FFS-1, JUNE 5 2007).	
<b>Evaluación de la Prueba:</b> Aprobado	

**Fuente:** Autor

<b>Caso de Prueba de Aceptación</b>	
<b>Código: 011</b>	<b>Historia de Usuario (Nro. y Nombre): 11</b> Iván Uribe Pérez
<b>Nombre:</b> Desarrollo fase Daños de Abolladura y Entallas	
<b>Descripción:</b> Se realiza la evaluación, el análisis y la programación de la sección 12 Daños de Abolladura y Entallas, (página 495 Fitness- for- Service, API 579-1/ASME FFS-1, JUNE 5 2007).	
<b>Condiciones de Ejecución:</b> Terminado	
<b>Entrada / Pasos de ejecución:</b> Análisis, diseño y desarrollo	
<b>Resultado Esperado:</b> Cumple con las condiciones presentes en la norma la sección 12 Daños de Abolladura y Entallas, (página 495 Fitness- for- Service, API 579-1/ASME FFS-1, JUNE 5 2007).	
<b>Evaluación de la Prueba:</b> Aprobado	

**Fuente:** Autor

<b>Caso de Prueba de Aceptación</b>	
<b>Código: 012</b>	<b>Historia de Usuario (Nro. y Nombre): 12</b> Iván Uribe Pérez
<b>Nombre:</b> Desarrollo fase Laminaciones	
<b>Descripción:</b> Se realiza la evaluación, el análisis y la programación de la sección 12 Daños de Abolladura y Entallas, (página 495 Fitness- for- Service, API 579-1/ASME FFS-1, JUNE 5 2007).	
<b>Condiciones de Ejecución:</b> Terminado	
<b>Entrada / Pasos de ejecución:</b> Análisis, diseño y desarrollo	
<b>Resultado Esperado:</b> Cumple con las condiciones presentes en la norma la sección 13, (página 517 Fitness- for- Service, API 579-1/ASME FFS-1, JUNE 5 2007).	
<b>Evaluación de la Prueba:</b> Aprobado	

**Fuente:** Autor

Anexo B. Tablas

Tabla 1. Resumen de los datos necesarios para la evaluación de los daños

Table 2.2 Overview of Data Required for Flaw and Damage Assessment	
<p>The following data are required for most types of Fitness-For-Service assessments and it is recommended that this completed table accompany the data table completed for the specific damage type that are located in the respective Part of this standard.</p>	
Equipment Identification:	
Equipment Type: <input type="checkbox"/> Pressure Vessel <input type="checkbox"/> Piping Component <input type="checkbox"/> Boiler Component <input type="checkbox"/> Storage Tank	
Component Type & Location:	
Design Code: <input type="checkbox"/> ASME Section VIII Div. 1 <input type="checkbox"/> ASME Section VIII Div. 2 <input type="checkbox"/> ASME Section 1 <input type="checkbox"/> ASME B31.1 <input type="checkbox"/> ASME B31.2 <input type="checkbox"/> API 650 <input type="checkbox"/> API 620 <input type="checkbox"/> other: _____	
Material of Construction (e.g. ASTM Specification): _____	
MAWP or MFH: _____	
Minimum Required Wall Thickness: _____	
Temperature: _____	
Cyclic Operation: _____	
<b>Type of Damage</b>	
Metal Loss – General: _____	
Metal Loss – Local: _____	
Metal Loss – Pitting: _____	
HIC, SOHIC & Blisters: _____	
Misalignment or Out-Of-Roundness: _____	
Bulge: _____	
Crack-Like Flaw: _____	
Creep Damage: _____	
Fire Damage: _____	
Dent, Gouge & Dent/Gouge Combinations: _____	
Laminations: _____	
<b>Location of Damage (provide a sketch)</b>	
Internal/External: _____	
Near weld: _____	
Orientation: _____	
<b>Environment</b>	
Internal: _____	
External: _____	
<b>Repair and Inspection History (Including any Previous FFS Assessments)</b>	
_____	
_____	
<b>Operations History</b>	
_____	
_____	
<b>Future Anticipated Operations</b>	
_____	

Fuente: API 579-1/ ASME FFS-1 2007 Fitness-For-service pag.354

**Tabla 2. Tablas de tolerancias de fabricación, desalineación de soldadura y distorsiones**

**Table 8.3  
Overview Of Fabrication Tolerances – ASME B&PV Code, Section VIII, Division 1 And Division 2**

Fabrication Tolerance	Requirement	Code Reference										
Out-Of-Roundness In Cylindrical Shells Under Internal Pressure	$(D_{max} - D_{min})$ shall not exceed 1% of $D$ where: $D_{max}$ Maximum measured internal diameter $D_{min}$ Minimum measured internal diameter $D$ Nominal internal diameter  At nozzle openings, this tolerance is increased by 2% of the inside diameter of the opening.	UG-80(a) {AF-130.1}										
Out-Of-Roundness In Cylindrical Shells Under External Pressure	The diameter tolerance for internal pressure shall be satisfied. Using a chord length equal to twice the arc length determined from Figure 8.11, the maximum deviation from true circle shall not exceed the value $e$ determined from Figure 8.12. Take measurements on the unwelded plate surface.  For shells with a lap joint, increase tolerance by $t$ . Do not include future corrosion allowance in $t$ .	UG-80(b) {AF-130.2}										
Shape Of Formed Heads	The inside surface shall not deviate outside the shape by more than 1.25% of the inside diameter nor inside the shape by more than 0.625% of the inside diameter.	UG-81 {AF-135}										
Cylindrical Shell-To-Head Attachment Weld	The centerline (radial) misalignment between the shell and the head shall be less than one-half the difference between the actual shell and head thicknesses.	UW-13(b)(3) {AD-420}										
Centerline Offset Weld Misalignment – Longitudinal Joints (Category A)	<table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="width: 60%;">For <math>t \leq 13</math> mm (1/2 in)</td> <td style="width: 40%; text-align: right;"><math>e = t/4</math></td> </tr> <tr> <td>For 13 mm (1/2 in) &lt; <math>t \leq 19</math> mm (3/4 in)</td> <td style="text-align: right;"><math>e = 3</math> mm (1/8 in)</td> </tr> <tr> <td>For 19 mm (3/4 in) &lt; <math>t \leq 38</math> mm (1-1/2 in)</td> <td style="text-align: right;"><math>e = 3</math> mm (1/8 in)</td> </tr> <tr> <td>For 38 mm (1-1/2 in) &lt; <math>t \leq 51</math> mm (2 in)</td> <td style="text-align: right;"><math>e = 3</math> mm (1/8 in)</td> </tr> <tr> <td>For <math>t &gt; 51</math> mm (2 in)</td> <td style="text-align: right;"><math>e = \min(t/16, 10</math> mm) or <math>e = \min(t/16, 3/8</math> in)</td> </tr> </table> Where $t$ plate thickness and $e$ allowable centerline offset.	For $t \leq 13$ mm (1/2 in)	$e = t/4$	For 13 mm (1/2 in) < $t \leq 19$ mm (3/4 in)	$e = 3$ mm (1/8 in)	For 19 mm (3/4 in) < $t \leq 38$ mm (1-1/2 in)	$e = 3$ mm (1/8 in)	For 38 mm (1-1/2 in) < $t \leq 51$ mm (2 in)	$e = 3$ mm (1/8 in)	For $t > 51$ mm (2 in)	$e = \min(t/16, 10$ mm) or $e = \min(t/16, 3/8$ in)	UW-33 {AF-142}
For $t \leq 13$ mm (1/2 in)	$e = t/4$											
For 13 mm (1/2 in) < $t \leq 19$ mm (3/4 in)	$e = 3$ mm (1/8 in)											
For 19 mm (3/4 in) < $t \leq 38$ mm (1-1/2 in)	$e = 3$ mm (1/8 in)											
For 38 mm (1-1/2 in) < $t \leq 51$ mm (2 in)	$e = 3$ mm (1/8 in)											
For $t > 51$ mm (2 in)	$e = \min(t/16, 10$ mm) or $e = \min(t/16, 3/8$ in)											
Centerline Offset Weld Misalignment - Circumferential Joints (Category B, C and D)	<table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="width: 60%;">For <math>t \leq 19</math> mm (3/4 in)</td> <td style="width: 40%; text-align: right;"><math>e = t/4</math></td> </tr> <tr> <td>For 19 mm (3/4 in) &lt; <math>t \leq 38</math> mm (1-1/2 in)</td> <td style="text-align: right;"><math>e = 5</math> mm (3/16 in)</td> </tr> <tr> <td>For 38 mm (1-1/2 in) &lt; <math>t \leq 51</math> mm (2 in)</td> <td style="text-align: right;"><math>e = t/8</math></td> </tr> <tr> <td>For <math>t &gt; 51</math> mm (2 in)</td> <td style="text-align: right;"><math>e = \min(t/8, 19</math> mm) or <math>e = \min(t/8, 3/4</math> in)</td> </tr> </table> Where $t$ plate thickness and $e$ allowable centerline offset.	For $t \leq 19$ mm (3/4 in)	$e = t/4$	For 19 mm (3/4 in) < $t \leq 38$ mm (1-1/2 in)	$e = 5$ mm (3/16 in)	For 38 mm (1-1/2 in) < $t \leq 51$ mm (2 in)	$e = t/8$	For $t > 51$ mm (2 in)	$e = \min(t/8, 19$ mm) or $e = \min(t/8, 3/4$ in)	UW-33 {AF-142}		
For $t \leq 19$ mm (3/4 in)	$e = t/4$											
For 19 mm (3/4 in) < $t \leq 38$ mm (1-1/2 in)	$e = 5$ mm (3/16 in)											
For 38 mm (1-1/2 in) < $t \leq 51$ mm (2 in)	$e = t/8$											
For $t > 51$ mm (2 in)	$e = \min(t/8, 19$ mm) or $e = \min(t/8, 3/4$ in)											
Angular Weld Misalignment	None stated in Division 1 or Division 2											
Peaking Of Welds (Category A)	The inward or outward peaking dimension, $d$ , shall be measured using a template and included in the fatigue analysis of Division 2 vessels as required. The Manufacturer's Design Report shall stipulate the permitted value.	{AF-136}										

**Fuente:** API 579-1/ ASME FFS-1 2007 Fitness-For-service pag.355

**Table 8.4  
Overview Of Fabrication Tolerances – ASME B31.3**

<b>Fabrication Tolerance</b>	<b>Requirement</b>	<b>Code Reference</b>
Out-Of-Roundness In Piping Under Internal Pressure	<p>Default ASTM Standard the pipe was purchased to, for example:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• ASTM 530 – For thin wall pipe, the difference in extreme outside diameter readings (ovality) in any one cross-section shall not exceed 1.5% of the specified outside diameter. Thin wall pipe is defined as having a wall thickness of 3% or less of the outside diameter.</li> <li>• ASTM 358 – Difference between major and minor outside diameters, 1% of specified diameter.</li> <li>• ASTM 671 – Difference between major and minor outside diameters, 1% of specified diameter.</li> <li>• ASTM 672 – Difference between major and minor outside diameters, 1% of specified diameter.</li> <li>• ASTM 691 – Difference between major and minor outside diameters, 1% of specified diameter.</li> </ul> <p>For wrought steel butt-welding fittings (e.g. elbows, tees, reducers, weld caps), requirements are provided in ASME B16.9.</p>	---
Out-Of-Roundness In Piping Under External Pressure	Same as for internal pressure	---
Centerline Offset Weld Misalignment – Longitudinal Joints	The tolerance defaults to the tolerance of ASTM standard pipe as purchased, or requirement stipulated for centerline offset misalignment of circumferential joints.	328.4.3(b)
Centerline Offset Weld Misalignment - Circumferential Joints	Inside surfaces of components at ends to be joined in girth or miter groove welds shall be aligned within dimensional limits in the WPS and the engineering design.	328.4.3(a)
Angular Weld Misalignment	An angular offset of three degrees (3°) or less is considered acceptable without additional design considerations.	304.2.3

**Fuente:** API 579-1/ ASME FFS-1 2007 Fitness-For-service pag.356

**Table 8.5  
Overview Of Fabrication Tolerances – API Standard 620**

Fabrication Tolerance	Requirement	Code Reference								
Out-Of-Plumbness For Tank Shells	Out of plumbness from top of shell to bottom of shell shall not exceed 1/200 of the total tank height.	4.5.2								
Out-Of-Roundness For Tank Shells	<p>Maximum allowable out-of-roundness for tank shells, measured as the difference between the maximum and minimum diameters, shall not exceed 1% of average diameter or 300 mm (12 in), whichever is less, except as modified for flat bottom tanks for which the radii measured at 300 mm (12 in) above the bottom corner weld shall not exceed the tolerances shown below.</p> <table border="0" data-bbox="581 747 1333 936"> <tr> <td><math>D &lt; 12 \text{ m (40 ft)}</math></td> <td><math>Tol = 13 \text{ mm (1/2 in)}</math></td> </tr> <tr> <td><math>12 \text{ m (40 ft)} \leq D &lt; 46 \text{ m (150 ft)}</math></td> <td><math>Tol = 19 \text{ mm (3/4 in)}</math></td> </tr> <tr> <td><math>46 \text{ m (150 ft)} \leq D &lt; 76 \text{ m (250 ft)}</math></td> <td><math>Tol = 25 \text{ mm (1 in)}</math></td> </tr> <tr> <td><math>D &gt; 76 \text{ m (250 ft)}</math></td> <td><math>Tol = 32 \text{ mm (1-1/4 in)}</math></td> </tr> </table> <p>Where <math>D</math> diameter of the tank in meters or feet and <math>Tol</math> tolerance on the radius.</p> <p>Skirts or cylindrical ends of formed tops shall have a maximum difference between maximum and minimum diameters of 1% of the nominal diameter.</p>	$D < 12 \text{ m (40 ft)}$	$Tol = 13 \text{ mm (1/2 in)}$	$12 \text{ m (40 ft)} \leq D < 46 \text{ m (150 ft)}$	$Tol = 19 \text{ mm (3/4 in)}$	$46 \text{ m (150 ft)} \leq D < 76 \text{ m (250 ft)}$	$Tol = 25 \text{ mm (1 in)}$	$D > 76 \text{ m (250 ft)}$	$Tol = 32 \text{ mm (1-1/4 in)}$	4.5.3
$D < 12 \text{ m (40 ft)}$	$Tol = 13 \text{ mm (1/2 in)}$									
$12 \text{ m (40 ft)} \leq D < 46 \text{ m (150 ft)}$	$Tol = 19 \text{ mm (3/4 in)}$									
$46 \text{ m (150 ft)} \leq D < 76 \text{ m (250 ft)}$	$Tol = 25 \text{ mm (1 in)}$									
$D > 76 \text{ m (250 ft)}$	$Tol = 32 \text{ mm (1-1/4 in)}$									
Centerline Offset Weld Radial Misalignment – All Butt Joints	<table border="0" data-bbox="581 1161 1211 1276"> <tr> <td>For <math>t \leq 6 \text{ mm (1/4 in)}</math></td> <td><math>e = 2 \text{ mm (1/16 in)}</math></td> </tr> <tr> <td>For <math>t &gt; 6 \text{ mm (1/4 in)}</math></td> <td><math>e = \min [ t/4, 3 \text{ mm} ]</math> or <math>e = \min [ t/4, 1/8 \text{ in} ]</math></td> </tr> </table> <p>Where <math>t</math> plate thickness and <math>e</math> allowable radial misalignment or offset.</p>	For $t \leq 6 \text{ mm (1/4 in)}$	$e = 2 \text{ mm (1/16 in)}$	For $t > 6 \text{ mm (1/4 in)}$	$e = \min [ t/4, 3 \text{ mm} ]$ or $e = \min [ t/4, 1/8 \text{ in} ]$	4.14				
For $t \leq 6 \text{ mm (1/4 in)}$	$e = 2 \text{ mm (1/16 in)}$									
For $t > 6 \text{ mm (1/4 in)}$	$e = \min [ t/4, 3 \text{ mm} ]$ or $e = \min [ t/4, 1/8 \text{ in} ]$									
Local Deviations Such As Angular Weld Misalignment (Peaking) And Or Flat Spots	<p>Using a 910 mm (36 in) horizontal sweep board with a radius equal to the nominal radius of the tank, peaking at vertical joints shall not exceed 13 mm (1/2 in) for steel shells and 25 mm (1 in) for aluminum shells (see API 620, Appendix Q).</p> <p>Using a 910 mm (36 in) vertical straight sweep board, banding at horizontal joints shall not exceed 13 mm (1/2 in) for steel shells and 25 mm (1 in) for aluminum shells (see API 620, Appendix Q).</p> <p>Flat spots shall not exceed appropriate flatness and waviness requirements specified in ASTM A6 or ASTM A20 for carbon and alloy steels, ASTM A480 for stainless steels, and Table 3.13 of ANSI H35.2 for aluminum.</p>	4.5.4								

**Fuente:** API 579-1/ ASME FFS-1 2007 Fitness-For-service pag.357

**Table 8.6  
Overview Of Fabrication Tolerances – API Standard 650**

Fabrication Tolerance	Requirement	Code Reference
Out-of-Plumbness	The maximum out of plumbness of the top of the shell of revolution to the bottom of the shell shall not exceed 1/200 of the total tank height.	5.5.2
Out-Of-Roundness For Tank Shells	Radii measured at 300 mm (12 in) above the bottom corner weld shall not exceed the tolerances shown below. $D < 12 \text{ m (40 ft)}$ <span style="float:right"><math>Tol = 13 \text{ mm (1/2 in)}</math></span> $12 \text{ m (40 ft)} \leq D < 46 \text{ m (150 ft)}$ <span style="float:right"><math>Tol = 19 \text{ mm (3/4 in)}</math></span> $46 \text{ m (150 ft)} \leq D < 76 \text{ m (250 ft)}$ <span style="float:right"><math>Tol = 25 \text{ mm (1 in)}</math></span> $D > 76 \text{ m (250 ft)}$ <span style="float:right"><math>Tol = 32 \text{ mm (1-1/4 in)}</math></span>  Where $D$ diameter of the tank in meters or feet and $Tol$ tolerance on the radius.	5.5.3
Centerline Offset Weld Misalignment – Longitudinal Joints	For $t \leq 16 \text{ mm (5/8 in)}$ <span style="float:right"><math>e = 2 \text{ mm (1/16 in)}</math></span> For $t > 16 \text{ mm (5/8 in)}$ <span style="float:right"><math>e = \min [ t/10, 3 \text{ mm}]</math> or</span> <span style="float:right"><math>e = \min [ t/10, 1/8 \text{ in}]</math></span>  Where $t$ plate thickness and $e$ allowable radial misalignment or offset.	5.2.3.1
Centerline Offset Weld Misalignment - Circumferential Joints	The upper plate shall not project by more than 20 percent of the thickness of the upper plate, with a maximum projection of 3mm (1/8 in); however, for upper plates less than 8 mm (5/16 in) thick, the maximum projection shall be limited to 2 mm (1/16 in).	5.2.3.2
Local Deviations Such As Angular Weld Misalignment (Peaking) And Or Flat Spots	Using a 910 mm (36 in) horizontal sweep board with a radius equal to the nominal radius of the tank, peaking at vertical joints shall not exceed 13 mm (1/2 in).  Using a 910 mm (36 in) vertical straight sweep board, banding at horizontal joints shall not exceed 13 mm (1/2 in).  Flat spots shall not exceed appropriate flatness and waviness requirements specified in ASTM A6 or ASTM A20.	5.5.4

**Fuente:** API 579-1/ ASME FFS-1 2007 Fitness-For-service pag.358

**Tabla 3. Tabla de toma de DATPS para daños por HIC**

**Table 7.1  
Size, Location, Condition, and Spacing for HIC Damage**

Enter the data obtained from a field inspection on this form.

Inspection Date: \_\_\_\_\_

Equipment Identification: \_\_\_\_\_

Equipment Type: \_\_\_\_\_ Pressure Vessel \_\_\_\_\_ Storage Tank \_\_\_\_\_ Piping Component

Component Type & Location: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

$t_{nom}$ : \_\_\_\_\_

LOSS: \_\_\_\_\_

FCA: \_\_\_\_\_

$t_{rd}$ : \_\_\_\_\_

Data Required for Level 1 and Level 2 Assessment					
HIC Identification					
Diameter $s$ (1)					
Dimension $c$ (1)					
Edge-To-Edge Spacing To Nearest HIC or Blister $L_H$ (2)					
Minimum Measured Thickness to Internal Surface $t_{mm-ID}$ (3)					
Minimum Measured Thickness to External Surface $t_{mm-OD}$ (3)					
Minimum Measured Thickness ; Total of Both Sides $t_{mm}$ (3)					
Spacing To Nearest Weld Joint $L_W$ (2)					
Spacing To Nearest Major Structural Discontinuity $L_{msd}$					
<b>Notes:</b>					
1. The HIC-to-HIC spacing may affect the size of the HIC damage to be used in the evaluation (see paragraph 7.3.3.1.1.).					
2. See Figure 7.3.					
3. See Figure 7.2					

**Fuente:** API 579-1/ ASME FFS-1 2007 Fitness-For-service pag.359

**Tabla 4. Asignación de materiales a las curvas de exención**

**Table 7.2  
Size, Location, Condition, and Spacing for Blisters**

Enter the data obtained from a field inspection on this form.

Inspection Date: \_\_\_\_\_

Equipment Identification: \_\_\_\_\_

Equipment Type: \_\_\_\_\_ Pressure Vessel \_\_\_\_\_ Storage Tank \_\_\_\_\_ Piping Component

Component Type & Location: \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

Data Required for Level 1 and Level 2 Assessment					
Blister Identification					
Diameter $s$ (1)					
Dimension $c$ (1)					
Edge-To-Edge Spacing To Nearest Blister $L_B$ (1)					
Bulge Direction (inside/ outside)					
Blister Projection $B_p$					
Minimum Measured Thickness $t_{mm}$					
Cracking At Periphery (Yes/No)					
Crown Cracking or Venting (Yes/No) (2)					
Length Of Crown Crack or Diameter of Vent Hole $s_c$ (2)					
Spacing To Nearest Weld Joint $L_W$ (3)					
Spacing To Nearest Major Structural Discontinuity $L_{msd}$					

Notes:

1. The blister-to-blister spacing may affect the size of the blister to be used in the evaluation (see paragraph 7.3.3.3.a & b)
2. If the blister has crown cracks, enter the length of the crack, see dimension  $s_c$  in Figure 7.6. If the blister has a vent hole, indicate as such with the diameter of the hole (see Figure 7.7).
3. See Figure 7.8.

**Fuente:** API 579-1/ ASME FFS-1 2007 Fitness-For-service pag.360

**Tabla 5. Factor de resistencia recomendada basada en el código de designación**

**Table 2.3**  
**Recommended Allowable Remaining Strength Factor Based on the Design Code**

Design Code	Recommended Allowable Remaining Strength Factor $RSF_a$
ASME Section 1	0.90
ASME Section VIII, Division 1 (pre 1999)	0.90
ASME Section VIII, Division 1 (post 1999)	0.90
ASME Section VIII, Division 2	0.90
AS 1210	0.90
BS PD 5500	0.90
CODAP	0.90
ASME B31.1	0.90
ASME B31.3	0.90
API 620	0.90
API 650	0.90

**Fuente:** API 579-1/ ASME FFS-1 2007 Fitness-For-service pag.361

**Tabla 6. Asignación de materiales a los materiales de temperatura en curvas de exención figura 3.4**

API 579-1/ASME FFS-1 2007 Fitness-For-Service

**Table 3.2  
Assignment Of Materials To The Material Temperature Exemption Curves In Figure 3.4**

Curve	Material (1), (2), (6)
A	<ol style="list-style-type: none"> <li>All carbon and all low alloy steel plates, structural shapes and bars not listed in Curves B, C, and D below.</li> <li>SA-216 Grades WCB and WCC if normalized and tempered or water-quenched and tempered; SA -217 Grade WC6 if normalized and tempered or water-quenched and tempered</li> <li>The following specifications for obsolete materials: A7, A10, A30, A70, A113, A149, A150 (3).</li> <li>The following specifications for obsolete materials from the 1934 edition of the ASME Code, Section VIII: S1, S2, S25, S26, and S27 (4).</li> <li>A201 and A212 unless it can be established that the steel was produced by a fine-grain practice (5)</li> </ol>
B	<ol style="list-style-type: none"> <li>SA-216 Grades WCA if normalized and tempered or water-quenched and tempered SA-216 Grades WCB and WCC for thicknesses not exceeding 2 inches if produced to a fine grain practice and water-quenched and tempered SA -217 Grade WC9 if normalized and tempered SA-285 Grades A and B SA-414 Grade A SA-442 Grade 55 &gt; 1 in. if not to fine grain practice and normalized SA-442 Grade 60 if not to fine grain practice and normalized SA-515 Grades 55 and 60 SA-516 Grades 65 and 70 if not normalized SA-612 if not normalized SA-662 Grade B if not normalized</li> <li>Except for cast steels, all materials of Curve A if produced to fine grain practice and normalized which are not listed for Curve C and D below;</li> <li>All pipe, fittings, forgings, and tubing not listed for Curves C and D below;</li> <li>Parts permitted from paragraph UG-11 of the ASME Code, Section VIII, Division 1, shall be included in Curve B even when fabricated from plate that otherwise would be assigned to a different curve.</li> <li>A201 and A212 if it can be established that the steel was produced by a fine-grain practice.</li> </ol>
C	<ol style="list-style-type: none"> <li>SA-182 Grades 21 and 22 if normalized and tempered. SA-302 Grades C and D SA-336 Grades F21 and F22 if normalized and tempered SA-387 Grades 21 and 22 if normalized and tempered SA-442 Grades 55 &lt; 1 in. if not to fine grain practice and normalized SA-516 Grades 55 and 60 if not normalized SA-533 Grades B and C SA-662 Grade A</li> <li>All material of Curve B if produced to fine grain practice and normalized and not listed for Curve D below</li> </ol>

**Fuente:** API 579-1/ ASME FFS-1 2007 Fitness-For-service pag.362

API 579-1/ASME FFS-1 2007 Fitness-For-Service

Table 3.2  
Assignment Of Materials To The Material Temperature Exemption Curves In [Figure 3.4](#)

Curve	Material (1), (2), (6)
D	SA-203 SA-442 if to fine grain practice and normalized SA-508 Class 1 SA-516 if normalized SA-524 Classes 1 and 2 SA-537 Classes 1 and 2 SA-612 if normalized SA-662 if normalized SA-738 Grade A
<p><u>Notes:</u></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>When a material class or grade is not shown, all classes or grades are included.</li> <li>The following apply to all material assignment notes.                         <ol style="list-style-type: none"> <li>Cooling rates faster than those obtained in air, followed by tempering, as permitted by the material specification, are considered equivalent to normalizing and tempering heat treatments.</li> <li>Fine grain practice is defined as the procedures necessary to obtain a fine austenitic grain size as described in SA-20.</li> </ol> </li> <li>The first edition of the API Code for Unfired Pressure Vessels (discontinued in 1956) included these ASTM carbon steel plate specifications. These specifications were variously designated for structural steel for bridges, locomotives, and rail cars or for boilers and firebox steel for locomotives and stationary service. ASTM A 149 and A150 were applicable to high-tensile-strength carbon steel plates for pressure vessels.</li> <li>The 1934 edition of Section VIII of the ASME Code listed a series of ASME steel specifications, including S1 and S2 for forge welding; S26 and S27 for carbon steel plates; and S25 for open-hearth iron. The titles of some of these specifications are similar to the ASTM specifications listed in the 1934 edition of the API Code for Unfired Pressure Vessels.</li> <li>These two steels were replaced in strength grades by the four grades specified in ASTM A 515 and the four grades specified in ASTM A 516. Steel in accordance with ASTM A 212 was made only in strength grades the same as Grades 65 and 70 and has accounted for several known brittle failures. Steels in conformance with ASTM A 201 and A 212 should be assigned to Curve A unless it can be established that the steel was produced by fine-grain practice, which may have enhanced the toughness properties.</li> <li>No attempt has been made to make a list of obsolete specifications for tubes, pipes, forgings, bars and castings. Unless specific information to the contrary is available, all of these product forms should be assigned to Curve A.</li> </ol>	

Fuente: API 579-1/ ASME FFS-1 2007 Fitness-For-service pag.363

**Tabla 7. Ecuaciones de las curvas incluidas en las figuras 3.2 3.4, 3.6, 3.7, 3.8, 3.10**

**Table 3.4**  
**Equations For The Curves Included In Figures 3.2, 3.4, 3.6, 3.7, 3.8, and 3.10**

Figure	Equation
3.2 (Note 1)	$\Delta T_{\max} = \max \left[ \frac{C_1(1-\nu)}{E\alpha} \left( 1.5 + \frac{3.25k}{ht} - 0.5 \exp \left[ \frac{-16k}{ht} \right] \right), C_2 \right]$
3.4 (Note 2)	<p style="text-align: center;"><b>Curve A</b></p> <p><math>MAT = 18</math> <span style="float: right;"><i>for</i> <math>0 &lt; t \leq 0.394</math></span></p> <p><math>MAT = \frac{-76.911 + 284.85t - 27.560t^2}{1.0 + 1.7971t - 0.17887t^2}</math> <span style="float: right;"><i>for</i> <math>0.394 &lt; t \leq 6.0</math></span></p> <p style="text-align: center;"><b>Curve B</b></p> <p><math>MAT = -20</math> <span style="float: right;"><i>for</i> <math>0 &lt; t \leq 0.394</math></span></p> <p><math>MAT = \left( \frac{-135.79 + 171.56t^{0.5} + 103.63t -}{172.0t^{1.5} + 73.737t^2 - 10.535t^{2.5}} \right)</math> <span style="float: right;"><i>for</i> <math>0.394 &lt; t \leq 6.0</math></span></p> <p style="text-align: center;"><b>Curve C</b></p> <p><math>MAT = -55</math> <span style="float: right;"><i>for</i> <math>0 &lt; t \leq 0.394</math></span></p> <p><math>MAT = 101.29 - \frac{255.50}{t} + \frac{287.86}{t^2} - \frac{196.42}{t^3} + \frac{69.457}{t^4} - \frac{9.8082}{t^5}</math> <span style="float: right;"><i>for</i> <math>0.394 &lt; t \leq 6.0</math></span></p> <p style="text-align: center;"><b>Curve D</b></p> <p><math>MAT = -55</math> <span style="float: right;"><i>for</i> <math>0 &lt; t \leq 0.50</math></span></p> <p><math>MAT = \left( \frac{-92.965 + 94.065t - 39.812t^2 +}{9.6838t^3 - 1.1698t^4 + 0.054687t^5} \right)</math> <span style="float: right;"><i>for</i> <math>0.50 &lt; t \leq 6.0</math></span></p>
3.6 (Note 2)	$P_I = 0.5T_I$
3.7 (Note 2)	<p><math>T_R = 100.0(1.0 - R_{tz})</math> <span style="float: right;"><i>for</i> <math>R_{tz} \geq 0.6</math> (see Note 2)</span></p> <p><math>T_R = \left( \frac{-9979.57 - 14125.0R_{tz}^{1.5} +}{9088.11 \exp[R_{tz}] - 17.3893 \frac{\ln[R_{tz}]}{R_{tz}^2}} \right)</math> <span style="float: right;"><i>for</i> <math>0.6 &gt; R_{tz} &gt; 0.3</math> (see Note 2)</span></p> <p><math>T_R = 105.0</math> to 275 <span style="float: right;"><i>for</i> <math>R_{tz} \leq 0.40</math> (see Note 2 in Figure 3.6)</span></p> <p><math>T_R = 140.0</math> to 275 <span style="float: right;"><i>for</i> <math>R_{tz} \leq 0.35</math> (see Note 3 in Figure 3.6)</span></p> <p><math>T_R = 200.0</math> to 275 <span style="float: right;"><i>for</i> <math>R_{tz} \leq 0.30</math> (see Note 4 in Figure 3.6)</span></p>

**Fuente:** API 579-1/ ASME FFS-1 2007 Fitness-For-service pag.365



**Tabla 9. Criterios de aceptación para pérdida de metal general para nivel 1**

**Table 4.4– Acceptance Criteria For Level 1 And 2 Assessments**

Assessment Parameter	Level 1 Assessment Acceptance Criteria	Level 2 Assessment Acceptance Criteria
Average Measured Thickness from Point Thickness Readings (PTR)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Cylindrical and Conical Shells, and Elbows <math>t_{am} - FCA \geq t_{min}</math></li> <li>Spherical Shells and Formed Heads <math>t_{am} - FCA \geq t_{min}</math></li> <li>Atmospheric And Low Pressure Storage Tanks <math>t_{am} - FCA \geq t_{min}</math></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Cylindrical and Conical Shells, and Elbows <math>t_{am} - FCA \geq RSF_a \cdot t_{min}</math></li> <li>Spherical Shells and Formed Heads <math>t_{am} - FCA \geq RSF_a \cdot t_{min}</math></li> <li>Atmospheric And Low Pressure Storage Tanks <math>t_{am} - FCA \geq t_{min}</math></li> </ul>
Average Measured Thickness from Critical Thickness Profiles (CTP)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Cylindrical and Conical Shells, and Elbows <math>t_{am}^s - FCA \geq t_{min}^C</math> <math>t_{am}^c - FCA \geq t_{min}^L</math></li> <li>Spherical Shells and Formed Heads <math>\min[t_{am}^s, t_{am}^c] - FCA \geq t_{min}</math></li> <li>Atmospheric And Low Pressure Storage Tanks <math>t_{am}^s - FCA \geq t_{min}</math></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Cylindrical and Conical Shells, and Elbows <math>t_{am}^s - FCA \geq RSF_a \cdot t_{min}^C</math> <math>t_{am}^c - FCA \geq RSF_a \cdot t_{min}^L</math></li> <li>Spherical Shells and Formed Heads <math>\min[t_{am}^s, t_{am}^c] - FCA \geq RSF_a \cdot t_{min}</math></li> <li>Atmospheric And Low Pressure Storage Tanks <math>t_{am}^s - FCA \geq t_{min}</math></li> </ul>
MAWP or MFH from Point Thickness Readings (PTR)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Cylindrical and Conical Shells, and Elbows Compute the <math>MAWP_r</math> based on the thickness <math>(t_{am} - FCA)</math> Acceptability criteria <math>MAWP_r \geq MAWP</math></li> <li>Spherical Shells and Formed Heads Compute the <math>MAWP_r</math> based on the thickness <math>(t_{am} - FCA)</math> Acceptability criteria <math>MAWP_r \geq MAWP</math></li> <li>Atmospheric And Low Pressure Storage Tanks Compute <math>MFH_r</math> based on the thickness <math>(t_{am} - FCA)</math> Acceptability criteria <math>MFH_r \geq MFH</math></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Cylindrical and Conical Shells, and Elbows Compute the <math>MAWP_r^C</math> based on the thickness <math>(t_{am} - FCA)/RSF_a</math> Compute the <math>MAWP_r^L</math> based on the thickness <math>(t_{am} - t_{si} - FCA)/RSF_a</math> Acceptability criteria <math>\min[MAWP_r^C, MAWP_r^L] \geq MAWP</math></li> <li>Spherical Shells and Formed Heads Compute the <math>MAWP_r</math> based on the thickness <math>(t_{am} - FCA)/RSF_a</math> Acceptability criteria <math>MAWP_r \geq MAWP</math></li> <li>Atmospheric And Low Pressure Storage Tanks Compute the <math>MFH_r</math> based on the thickness <math>(t_{am} - FCA)</math> Acceptability criteria <math>MFH_r \geq MFH</math></li> </ul>

**Fuente:** API 579-1/ ASME FFS-1 2007 Fitness-For-service pag.367

Table 4.4– Acceptance Criteria For Level 1 And 2 Assessments

Assessment Parameter	Level 1 Assessment Acceptance Criteria	Level 2 Assessment Acceptance Criteria
<i>MAWP</i> or <i>MFH</i> from Critical Thickness Profiles ( <i>CTP</i> )	<ul style="list-style-type: none"> <li>Cylindrical and Conical Shells, and Elbows Compute the <math>MAWP_r^C</math> based on the thickness <math>(t_{am}^s - FCA)</math> Compute the <math>MAWP_r^L</math> based on the thickness <math>(t_{am}^c - FCA)</math> Acceptability criteria <math>\min[MAWP_r^C, MAWP_r^L] \geq MAWP</math></li> <li>Spherical Shells and Formed Heads Compute the <math>MAWP_r</math> based on the thickness <math>(\min[t_{am}^s, t_{am}^c] - FCA)</math> Acceptability criteria <math>MAWP_r \geq MAWP</math></li> <li>Atmospheric And Low Pressure Storage Tanks Compute the <math>MFH_r</math> based on the thickness <math>(t_{am}^s - FCA)</math> Acceptability criteria <math>MFH_r \geq MFH</math></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Cylindrical and Conical Shells, and Elbows Compute the <math>MAWP_r^C</math> based on the thickness <math>(t_{am}^s - FCA) / RSF_a</math> Compute the <math>MAWP_r^L</math> based on the thickness <math>(t_{am}^c - t_{zi} - FCA) / RSF_a</math> Acceptability criteria <math>\min[MAWP_r^C, MAWP_r^L] \geq MAWP</math></li> <li>Spherical Shells and Formed Heads Compute the <math>MAWP_r</math> based on the thickness <math>(\min[t_{am}^s, t_{am}^c] - FCA) / RSF_a</math> Acceptability criteria <math>MAWP_r \geq MAWP</math></li> <li>Atmospheric And Low Pressure Storage Tanks Compute the <math>MFH_r</math> based on the thickness <math>(t_{am}^s - FCA)</math> Acceptability criteria <math>MFH_r \geq MFH</math></li> </ul>
Minimum Measured Thickness	<ul style="list-style-type: none"> <li>Pressure Vessel Components <math>(t_{nom} - FCA) \geq \max[0.5t_{min}, t_{lim}]</math> <math>t_{lim} = \max[0.2t_{nom}, 2.5 \text{ mm (0.10 inches)}]</math></li> <li>Piping Components <math>(t_{nom} - FCA) \geq \max[0.5t_{min}, t_{lim}]</math> <math>t_{lim} = \max[0.2t_{nom}, 2.5 \text{ mm (0.10 inches)}]</math></li> <li>Atmospheric And Low Pressure Storage Tanks <math>(t_{nom} - FCA) \geq \max[0.6t_{min}, t_{lim}]</math> <math>t_{lim} = \max[0.2t_{nom}, 2.5 \text{ mm (0.10 inches)}]</math></li> </ul>	
<p>Notes:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Procedures to compute the minimum required thickness (i.e. <math>t_{min}^C</math>, <math>t_{min}^L</math>, and <math>t_{min}</math>, as applicable) for pressure vessel components, piping components and atmospheric storage tank shells are provided in <a href="#">Annex A</a></li> <li>Procedures to compute the maximum allowable working pressure (i.e. <math>MAWP^C</math>, <math>MAWP^L</math>, and <math>MAWP</math>, as applicable) for pressure vessel components and piping components, and the maximum fill height, <math>MFH</math>, for atmospheric storage tank shells are provided in <a href="#">Annex A</a></li> <li>In the above equations, <math>t_{nom}</math> may be substituted for <math>t_{am}</math>, <math>t_{am}^s</math>, or <math>t_{am}^c</math> to produce a conservative result.</li> </ol>		

Fuente: API 579-1/ ASME FFS-1 2007 Fitness-For-service pag.368





**Tabla 12. Descripción de las zonas de exposición al calor para evaluar daños por fuego**

<b>Carbon Steels – 20 Joule or 15 ft-lb Transition Temperature for Each ASME Exemption Curve</b>				
<b>MYS (MPa)</b>	<b>ASME Exemption Curve</b>			
	<b>A (°C)</b>	<b>B (°C)</b>	<b>C (°C)</b>	<b>D (°C)</b>
200	42	21	0	-15
210	38	17	-4	-18
220	36	15	-7	-21
230	33	12	-9	-23
240	31	10	-11	-26
260	27	6	-15	-29
280	24	3	-18	-32
300	22	1	-21	-35
320	19	-2	-23	-37
340	17	-4	-25	-39
360	15	-6	-27	-41

<b>Low Alloy Steels – 27 Joule or 20 ft-lb Transition Temperature for Each ASME Exemption Curve</b>				
<b>MYS (MPa)</b>	<b>ASME Exemption Curve</b>			
	<b>A (°C)</b>	<b>B (°C)</b>	<b>C (°C)</b>	<b>D (°C)</b>
200	55	33	12	-2
210	50	29	8	-7
220	46	25	4	-11
230	43	22	1	-14
240	40	19	-2	-16
250	38	17	-4	-19
260	36	15	-6	-21
270	34	13	-8	-23
280	32	11	-10	-24
290	31	10	-11	-26
300	30	8	-13	-27
310	28	7	-14	-28
320	27	6	-15	-30
330	26	5	-16	-31
340	25	4	-17	-32
360	23	2	-19	-34
380	21	0	-21	-36
400	19	-2	-23	-37
420	18	-3	-24	-39
440	16	-5	-26	-40
460	15	-6	-27	-42
480	14	-7	-28	-43
500	13	-8	-29	-44
520	12	-9	-30	-45
540	11	-10	-31	-46
560	10	-11	-32	-47

**Fuente:** API 579-1/ ASME FFS-1 2007 Fitness-For-service pag.371

**Tabla 13. Zonas de exposición al calor**

<b>Heat Exposure Zone</b>	<b>Description</b>
I	Ambient temperature during fire event, no fire exposure
II	Ambient to 65°C (150 °F); smoke and water exposure
III	65°C to 205°C (150 °F to 400°F); light heat exposure
IV	> 205°C to 425°C (>400 °F to 800°F); moderate heat exposure
V	> 425°C to 730°C (>800 °F to 1350°F); heavy heat exposure
VI	> 730°C (>1350 °F); severe heat exposure

**Fuente:** API 579-1/ ASME FFS-1 2007 Fitness-For-service pag.372

**Tabla 14. Tabla de toma de datos para laminaciones**

**Table 13.1  
Size, Location, Condition, And Spacing For Laminations**

Enter the data obtained from a field inspection on this form.

Inspection Date: \_\_\_\_\_

Equipment Identification: \_\_\_\_\_

Equipment Type:  Pressure Vessel  Storage Tank  Piping Component

Component Type & Location: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

$f_{nom}$ : \_\_\_\_\_

LOSS: \_\_\_\_\_

FCA: \_\_\_\_\_

$f_{rd}$ : \_\_\_\_\_

Data Required For Level 1 And Level 2 Assessment					
Lamination Identification					
Dimension $s$ (1)					
Dimension $c$ (1)					
Lamination Height $L_h$ (1)					
Edge-To-Edge Spacing to the nearest lamination $L_z$ (2)					
Minimum Measured Thickness $f_{mm}$ (1)					
Spacing to the Nearest Weld Joint $L_w$ (2)					
Spacing to the Nearest Major Structural Discontinuity $L_{msd}$					
Through-Wall Cracking (Yes/No)					

Notes:

1. See Figure 13.2.
2. See Figure 13.3.

**Fuente:** API 579-1/ ASME FFS-1 2007 Fitness-For-service pag.373

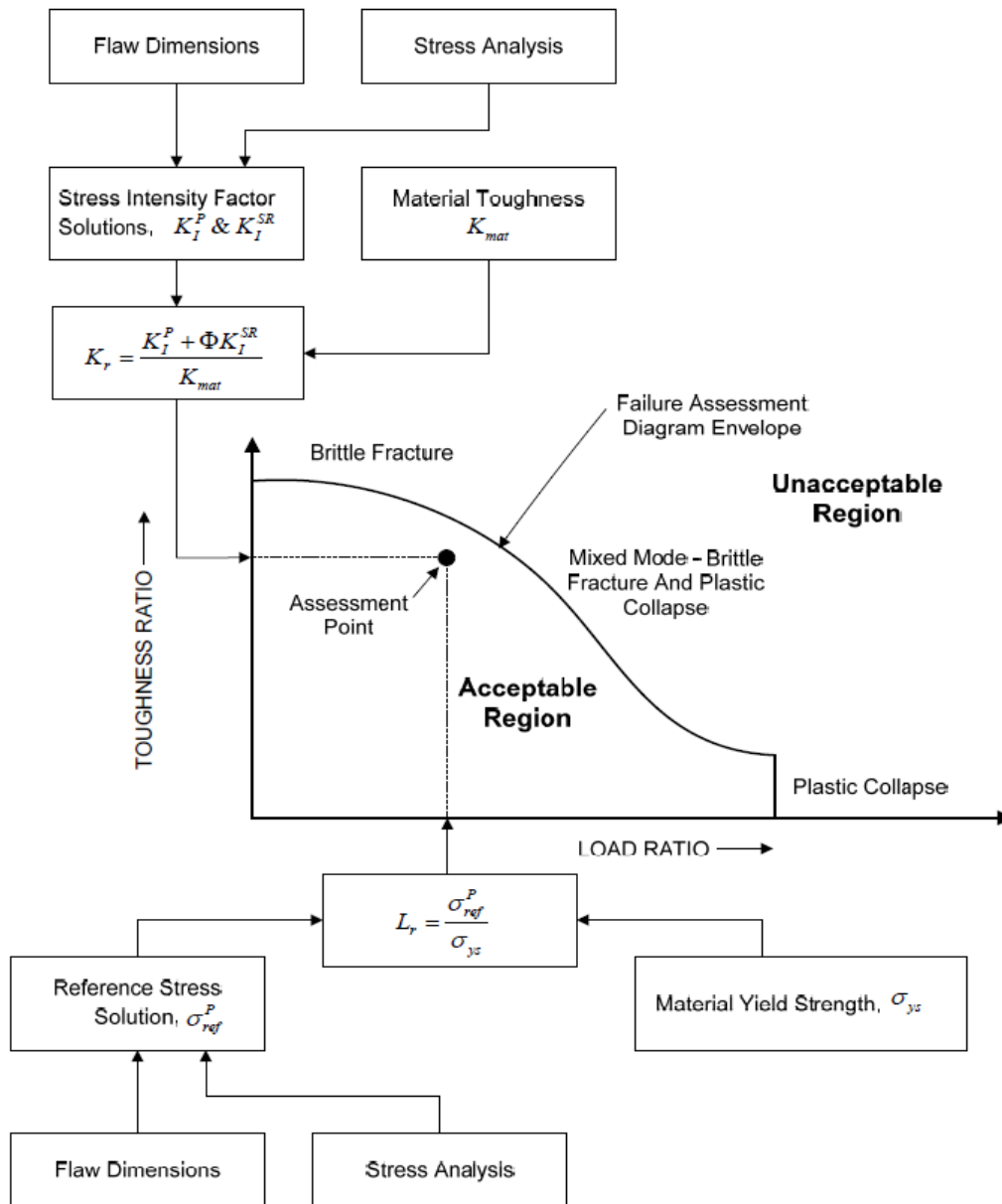
**Tabla 15. Niveles de exposición al calor**

<b>Materials</b>	<b>Typical ASTM Specifications For Pressurized Components</b>	<b>Levels Which Satisfy The Level 1 Assessment Criteria</b>
Carbon Steels	A36, A53, A105, A106, A131, A139, A181, A216, A234, A266, A283, A285, A333, A350, A352, A420, A515, A516, A537, A671, A672, API 5L	I, II, III, IV
Low Alloy Steels	A182, A217, A234, A335, A336, A387, A691	I, II, III, IV
Austenitic Stainless Steels (1)	A312, A358, A240, A403, A351	I, II, III, IV
Alloy 20	B366, B462, B463, B464, B729, B744	I, II, III, IV
Alloy 400	B127, B164, B165, B366, B564, A494	I, II, III
Duplex Stainless Steels (2) Alloy 2205 Alloy 2507	A182, A240, A789, A790, A815 (UNS S31803, UNS J92205) (2507 – UNS S39275)	I, II
Alloy 800, 800H	B163, B366, B407, B409, B564	I, II, III, IV
Alloy 825	B163, B366, B423, B424, B704, B705	I, II, III, IV
Alloy 600	B163, B168, B366, B564	I, II, III, IV
Alloy 625	B167, B366, B443, B444, B564, A494	I, II, III, IV
Alloy C-276	B366, B575, B622	I, II, III, IV
Copper Alloys	B68, B96, B111, B169, B171, B395, B584	I, II
Aluminum Alloys	B209, B210, B241, B247	I, II
Precipitation Hardened Alloy Steels (3)	17-4PH, 17-7PH	I, II, III

**Fuente:** API 579-1/ ASME FFS-1 2007 Fitness-For-service pag.364

## Anexo C. Ilustraciones

Figura. 27. Cálculos de la Tensión Admisible.



Fuente: API 579-1/ ASME FFS-1 2007 Fitness-For-service pag.39

Figura. 28. Cálculo del MAT

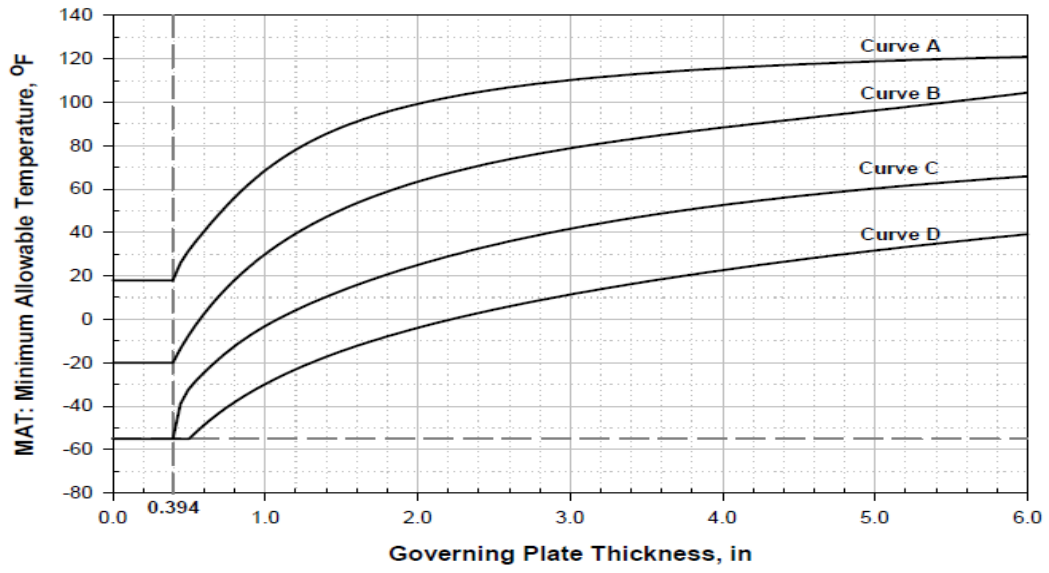
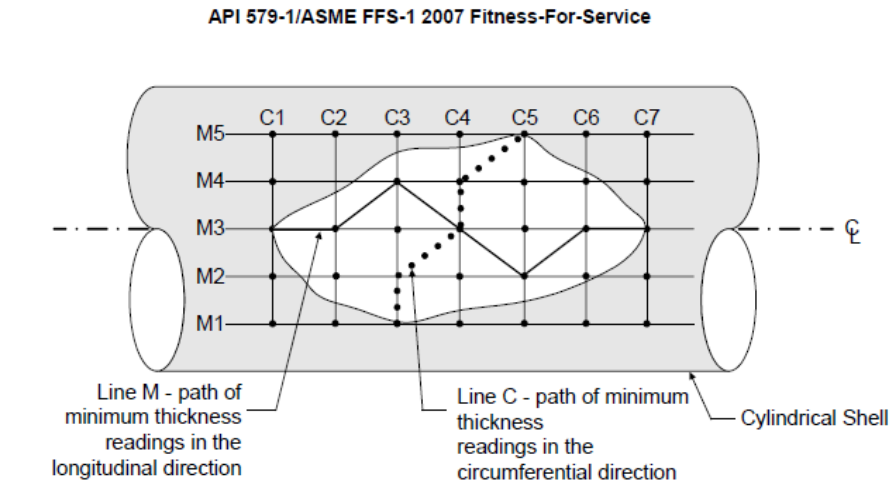
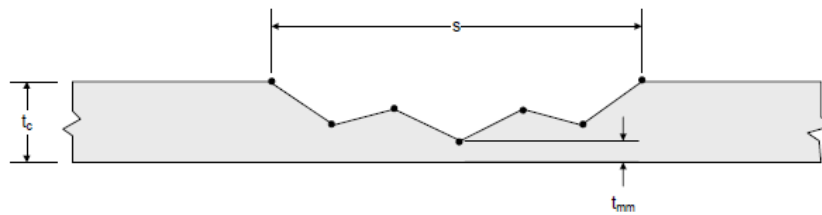


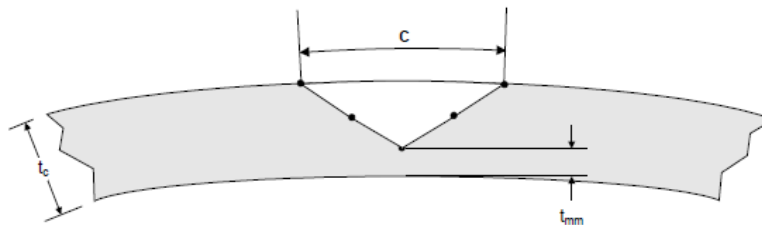
Figura. 29. Planos de Inspección y el Perfil de Espesor Crítico:



(a) Inspection Planes and the Critical Thickness Profile



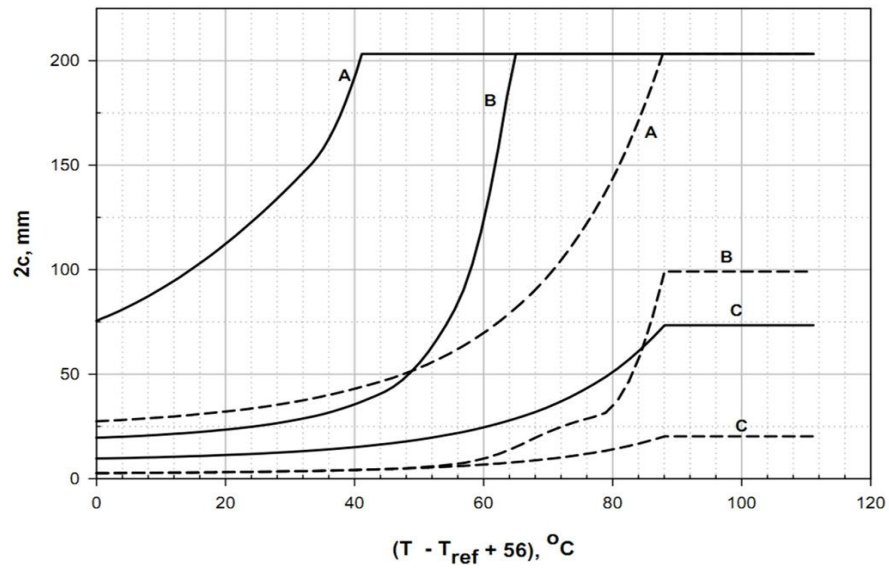
(b) Critical Thickness Profile (CTP) - Longitudinal Plane (Projection of Line M)



(c) Critical Thickness Profile (CTP) - Circumferential Plane (Projection of Line C)

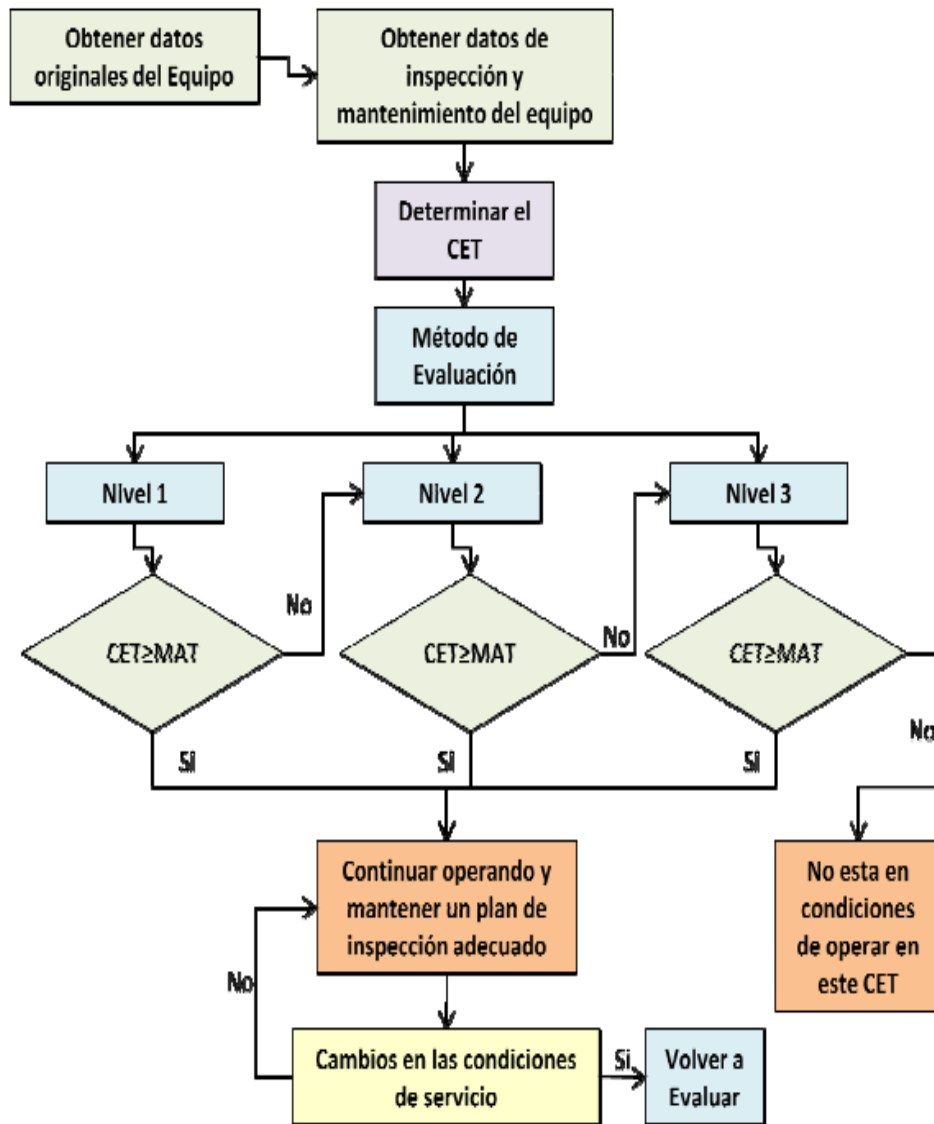
**Fuente:** API 579-1/ ASME FFS-1 2007 Fitness For Service Figura 4.6 – Method for Determining the Plane of Maximum Metal Loss (Critical Thickness Profile) pag.66

Figura. 30. Ejemplo de las figuras usadas para la evaluación: Grieta paralela a la soldadura en una placa plana



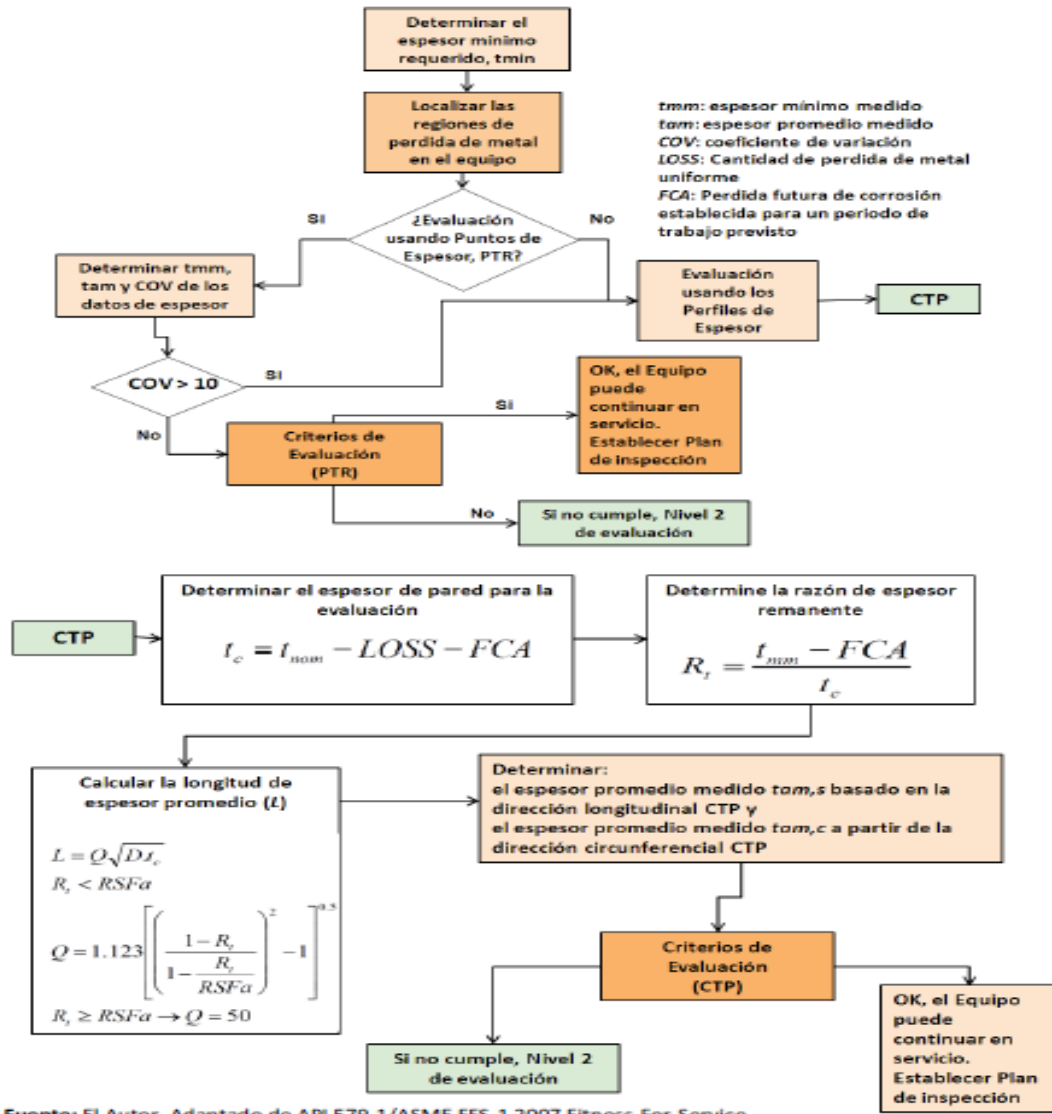
Fuentes: API 579-1/ASME FFS-1 2007 Fitness-For-Service Figure 9.12 M – Level 1 Assessment – Flat Plate pag.78

**Figura. 31.** Procedimiento de Evaluación – Fractura Frágil



**Fuentes:** AUTOR adaptado de API 579-1/ASME FFS-1 2007 Fitness-For-Service figure pag 88

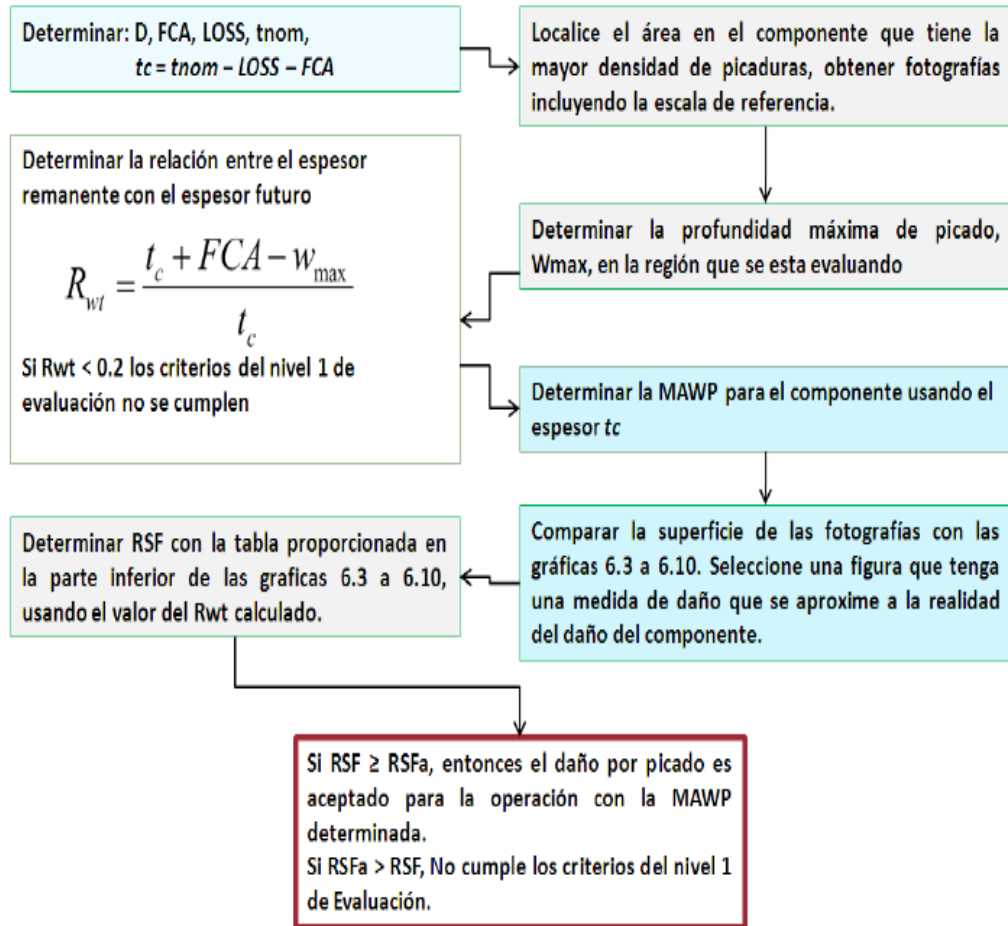
Figura. 32. Procedimiento de Evaluación – Pérdida de Metal



Fuente: El Autor. Adaptado de API 579-1/ASME FFS-1 2007 Fitness-For-Service

Fuentes: AUTOR adaptado de API 579-1/ASME FFS-1 2007 Fitness-For-Service figure pag 97

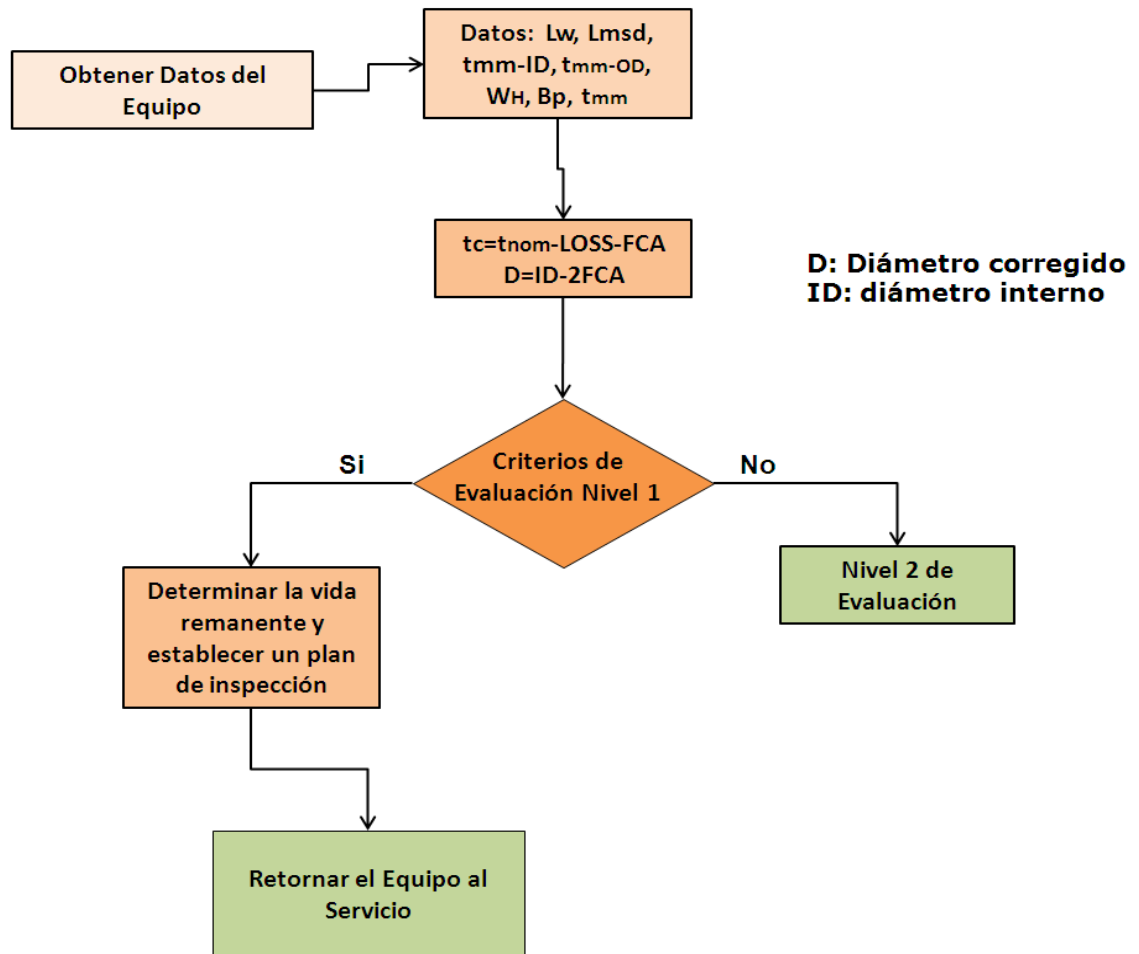
**Figura. 33.** Procedimiento de Evaluación- Corrosión por Picado



Fuente: El Autor. Adaptado de API 579-1/ASME FFS-1 2007 Fitness-For-Service

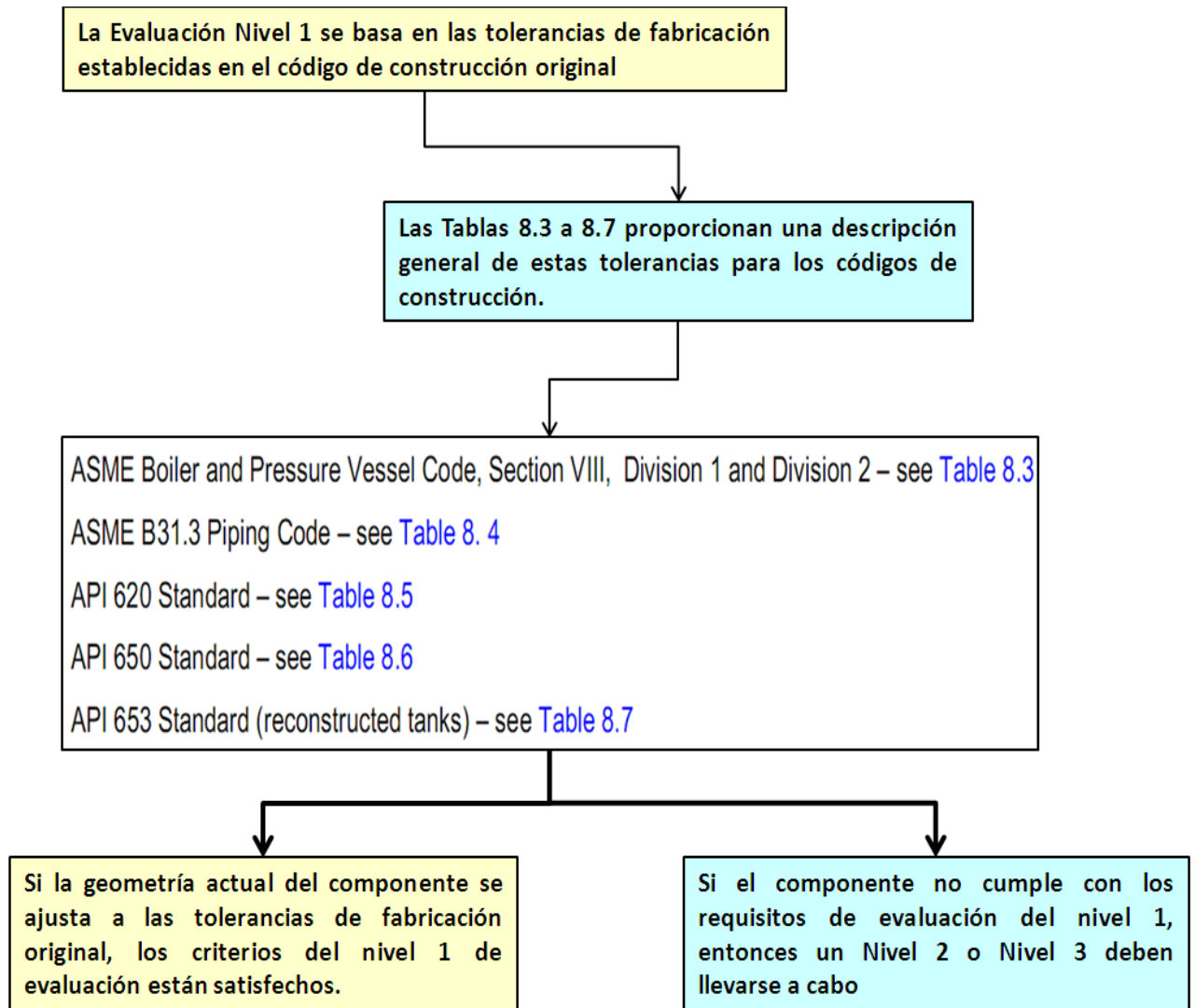
**Fuentes:** AUTOR adaptado de API 579-1/ASME FFS-1 2007 Fitness-For-Service figure pag 104

**Figura. 34.** Procedimiento de Evaluación



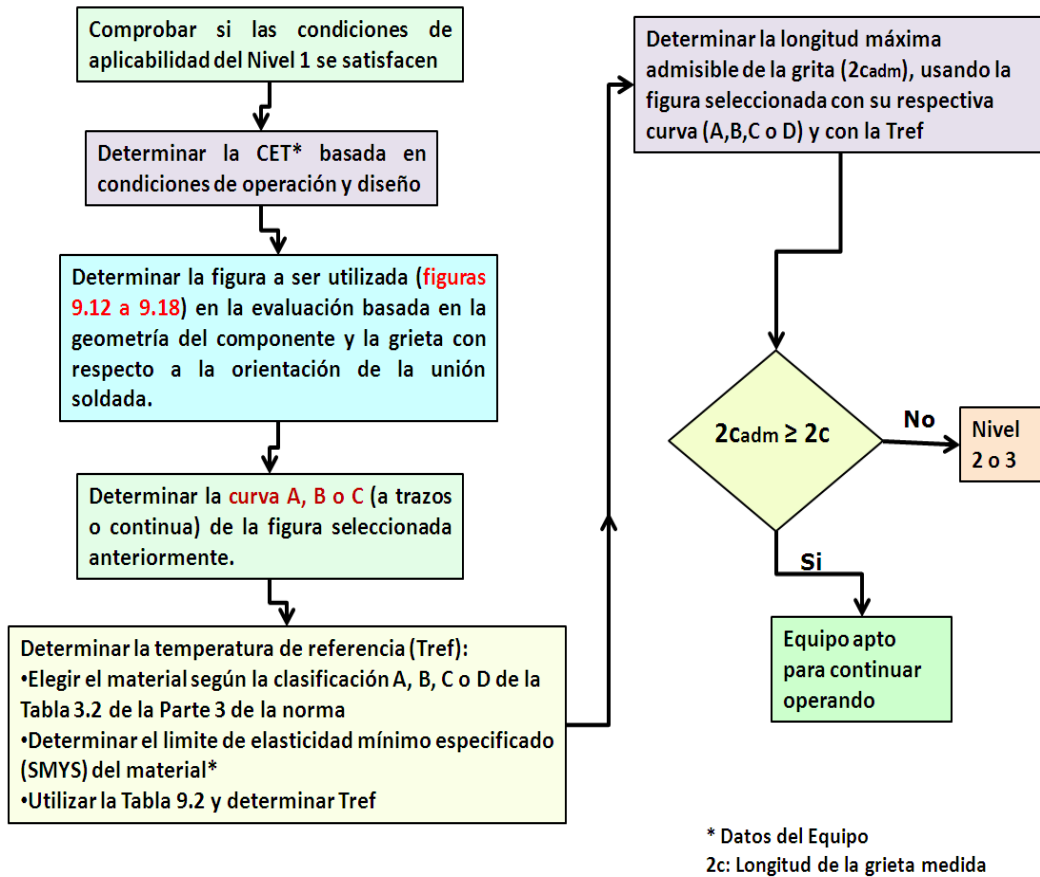
**Fuentes:** AUTOR adaptado de API 579-1/ASME FFS-1 2007 Fitness-For-Service figure pag. 106

**Figura. 35.** Procedimiento de Evaluación - Desalineamiento de Soldadura y Distorsiones



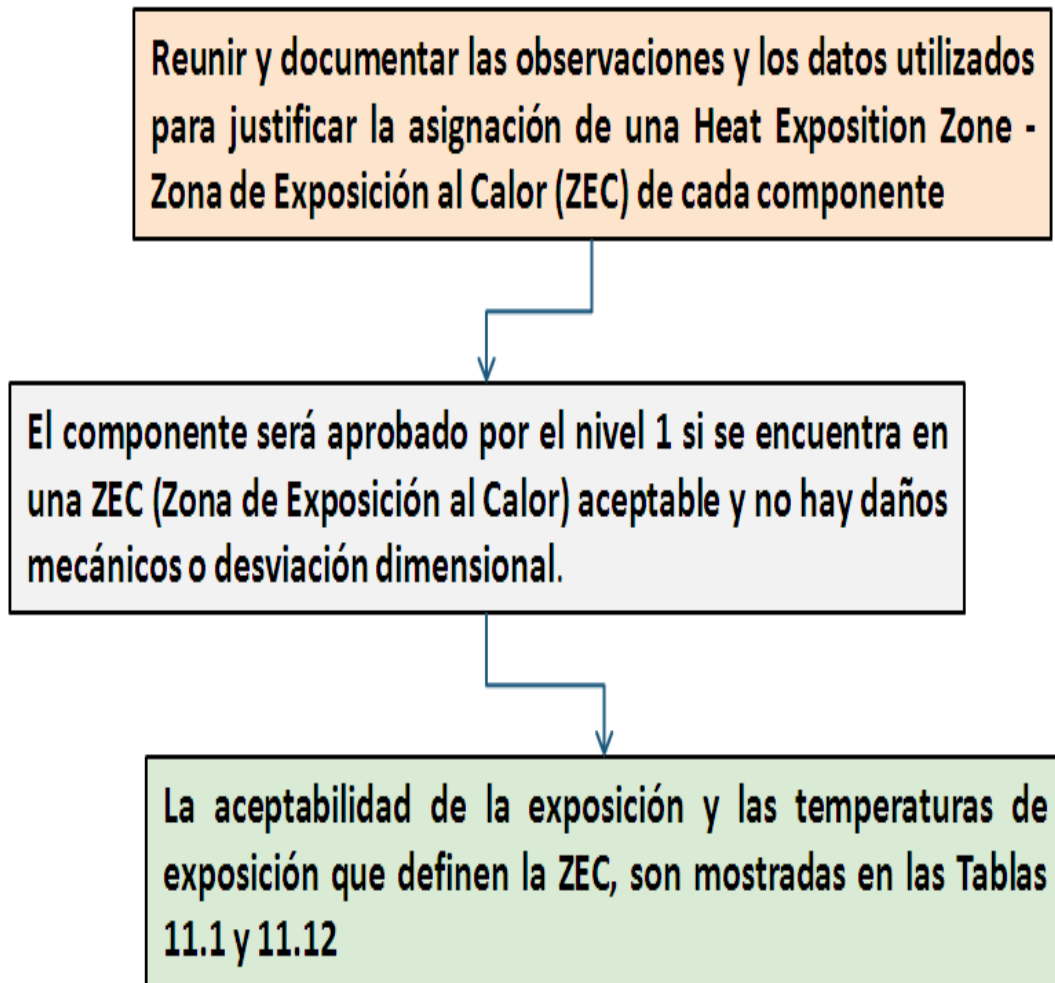
**Fuentes:** AUTOR adaptado de API 579-1/ASME FFS-1 2007 Fitness-For-Service figure pag 108

**Figura. 36.** Procedimiento de Evaluación – Grietas



**Fuentes:** AUTOR adaptado de API 579-1/ASME FFS-1 2007 Fitness-For-Service figure pag 109

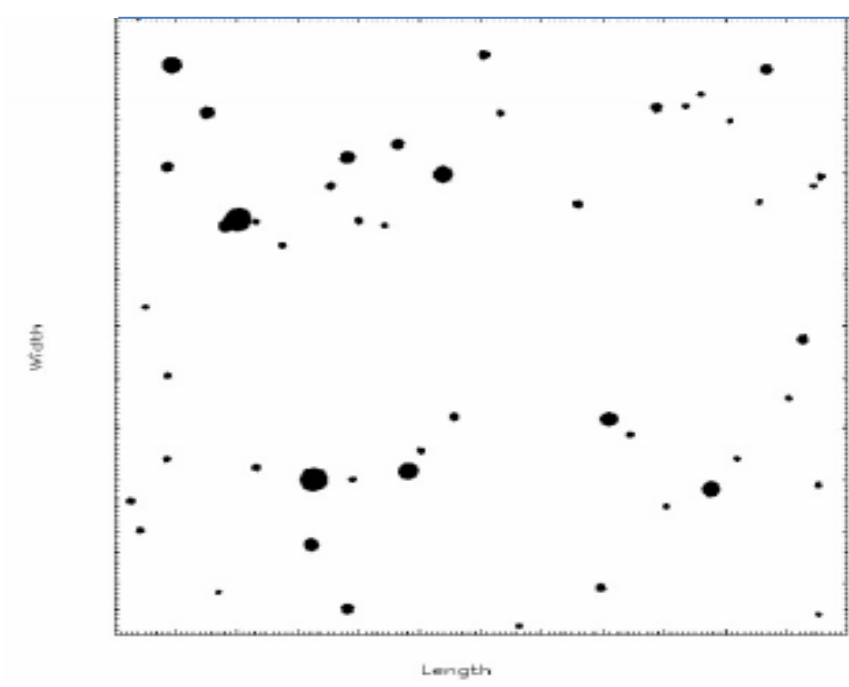
**Figura. 37.** Procedimiento de Evaluación-Daños por fuego



**Fuentes:** AUTOR adaptado de API 579-1/ASME FFS-1 2007 Fitness-For-Service figure Pag.111

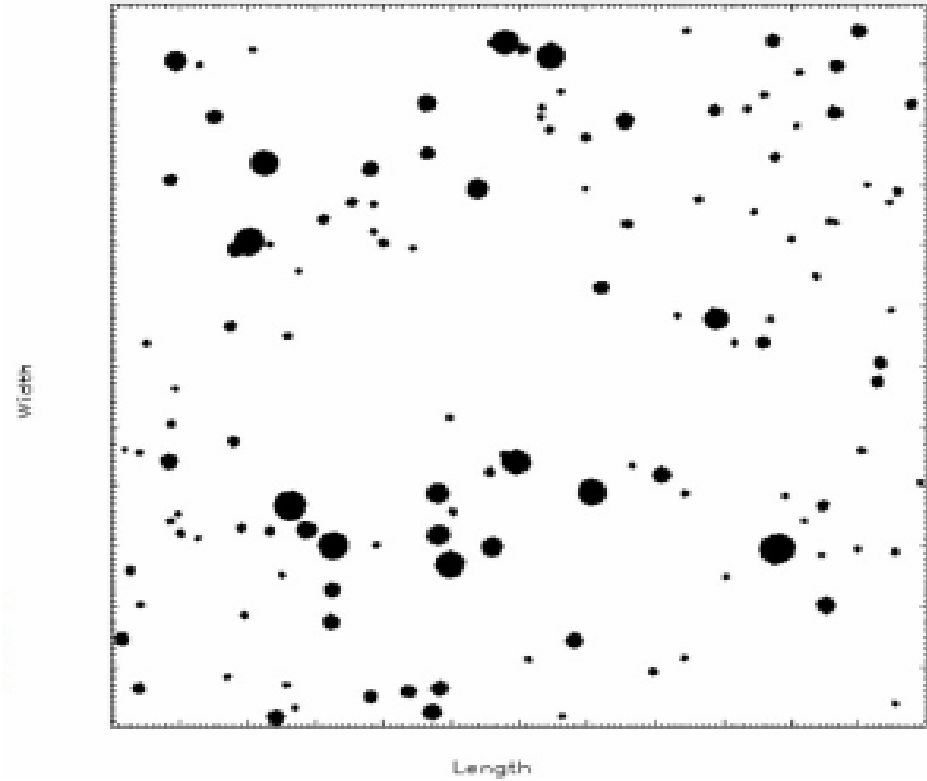
**Figura. 38. Grafica estándar 6.3 a 6.10 del API 579-1/ ASME FFS-1 utilizadas para compararlas con el daño real:**

a) Grado 1 de Picado



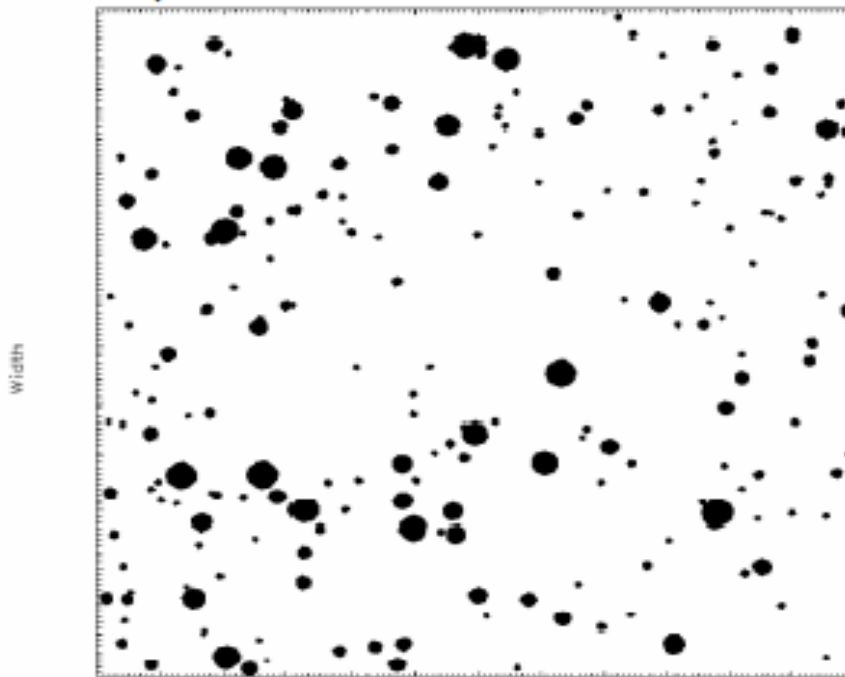
Rwt, see Equation (6.3)	Level 1 RSF	
	Cylinder	Sphere
0.8	0.97	0.96
0.6	0.95	0.91
0.4	0.92	0.87
0.2	0,89	0.83

b) Grado 2 de Picado



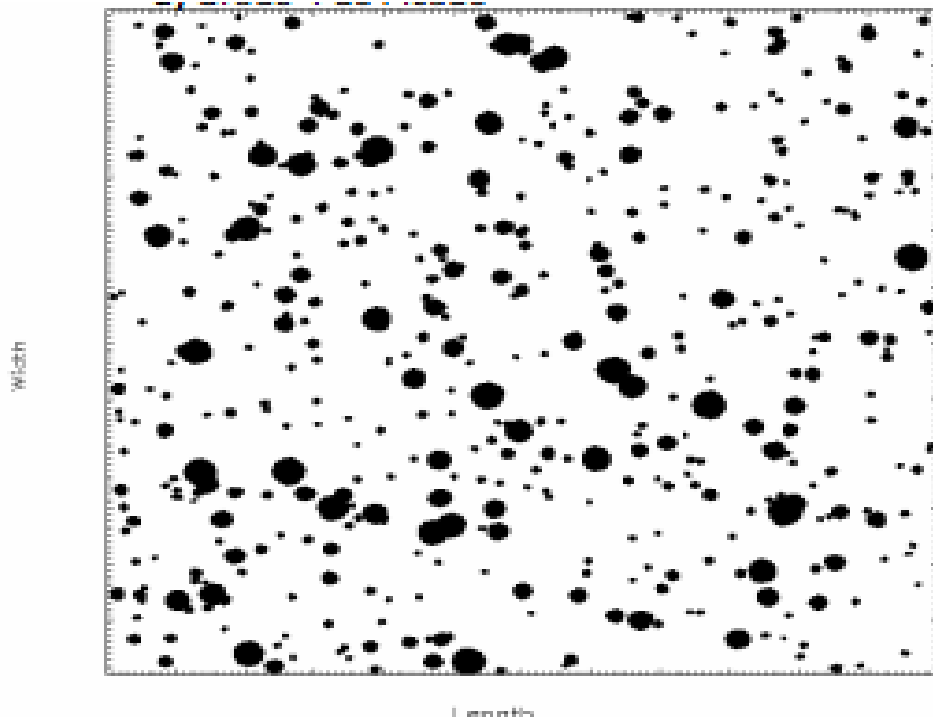
Rwt, see Equation (6.3)	Level 1 RSF	
	Cylinder	Sphere
0.8	0.97	0.96
0.6	0.95	0.91
0.4	0.92	0.87
0.2	0.89	0.83

c) Grado 3 de Picado



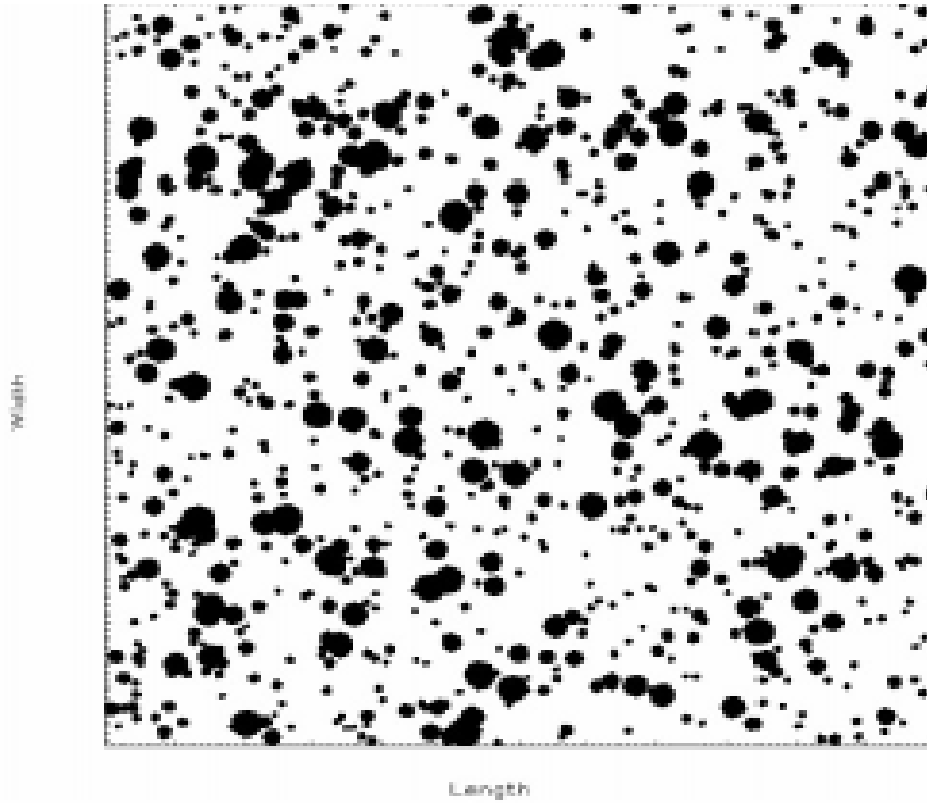
Rwt, see Equation (6.3)	Level 1 RSF	
	Cylinder	Sphere
0.8	0.96	0.95
0.6	0.93	0.89
0.4	0.89	0.84
0.2	0,86	0.79

d) Grado 4 de Picado



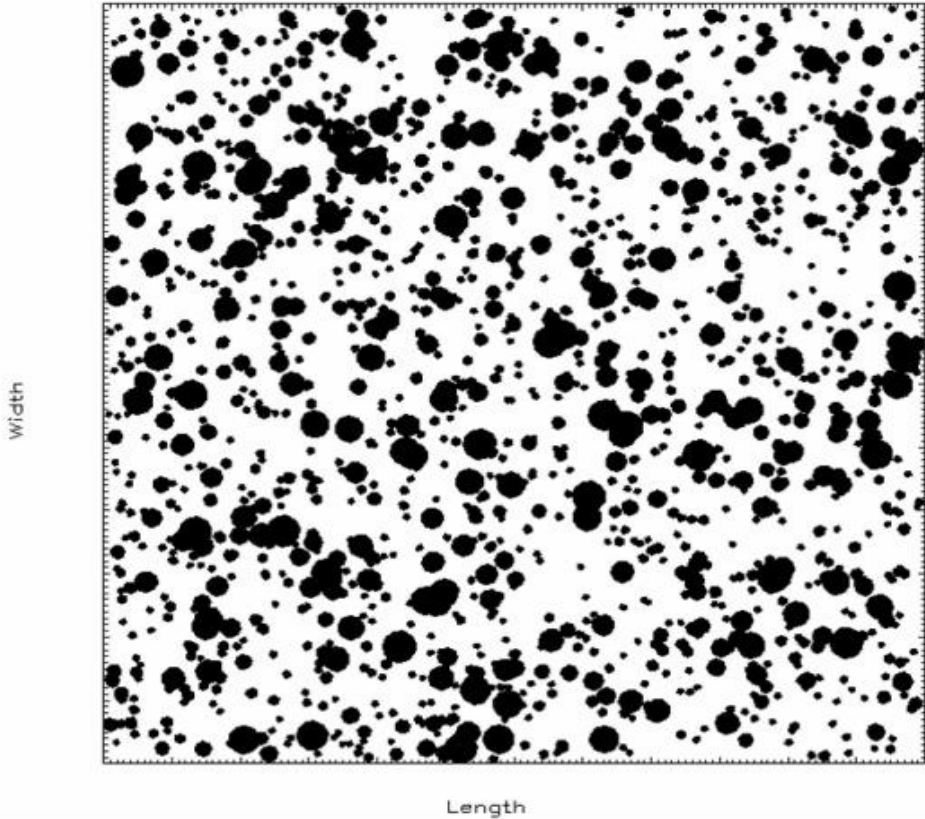
Rwt, see Equation (6.3)	Level 1 RSF	
	Cylinder	Sphere
0.8	0.95	0.93
0.6	0.90	0.86
0.4	0.85	0.79
0.2	0.79	0.72

e) Grado 5 de Picado



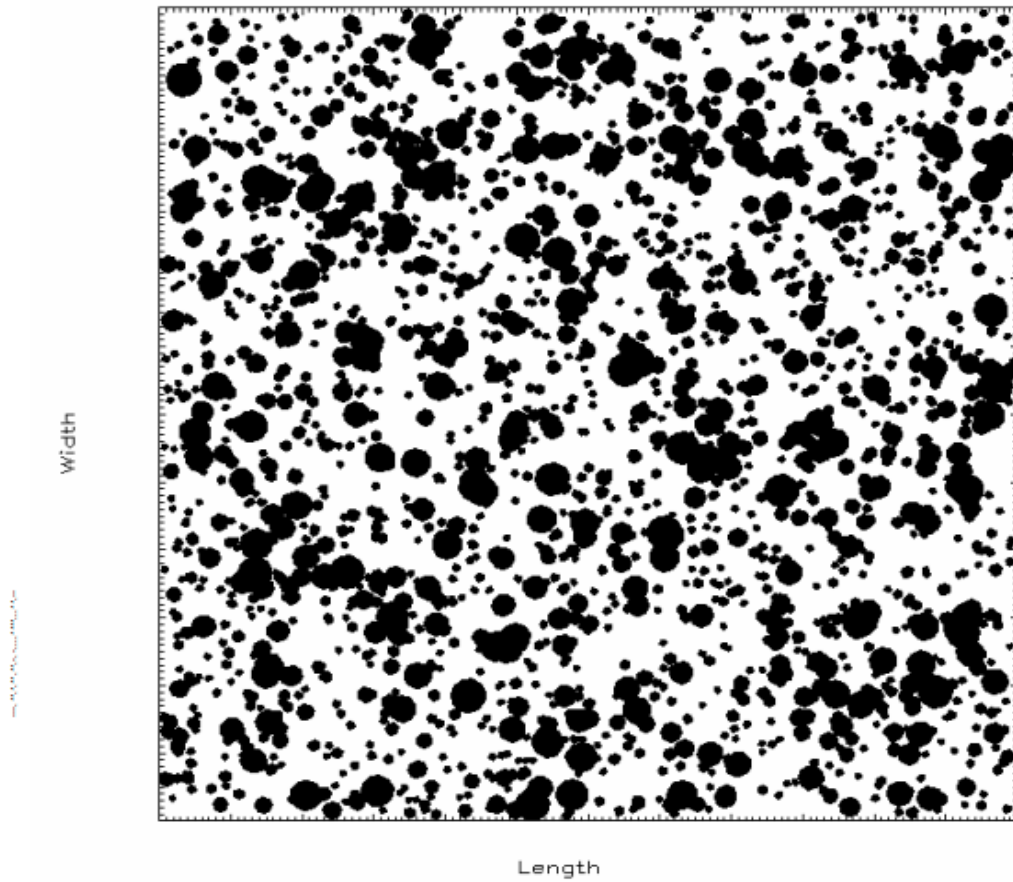
Rwt, see Equation (6.3)	Level 1 RSF	
	Cylinder	Sphere
0.8	0.93	0.91
0.6	0.85	0.81
0.4	0.78	0.72
0.2	0,70	0.62

f) Grado 6 de picado



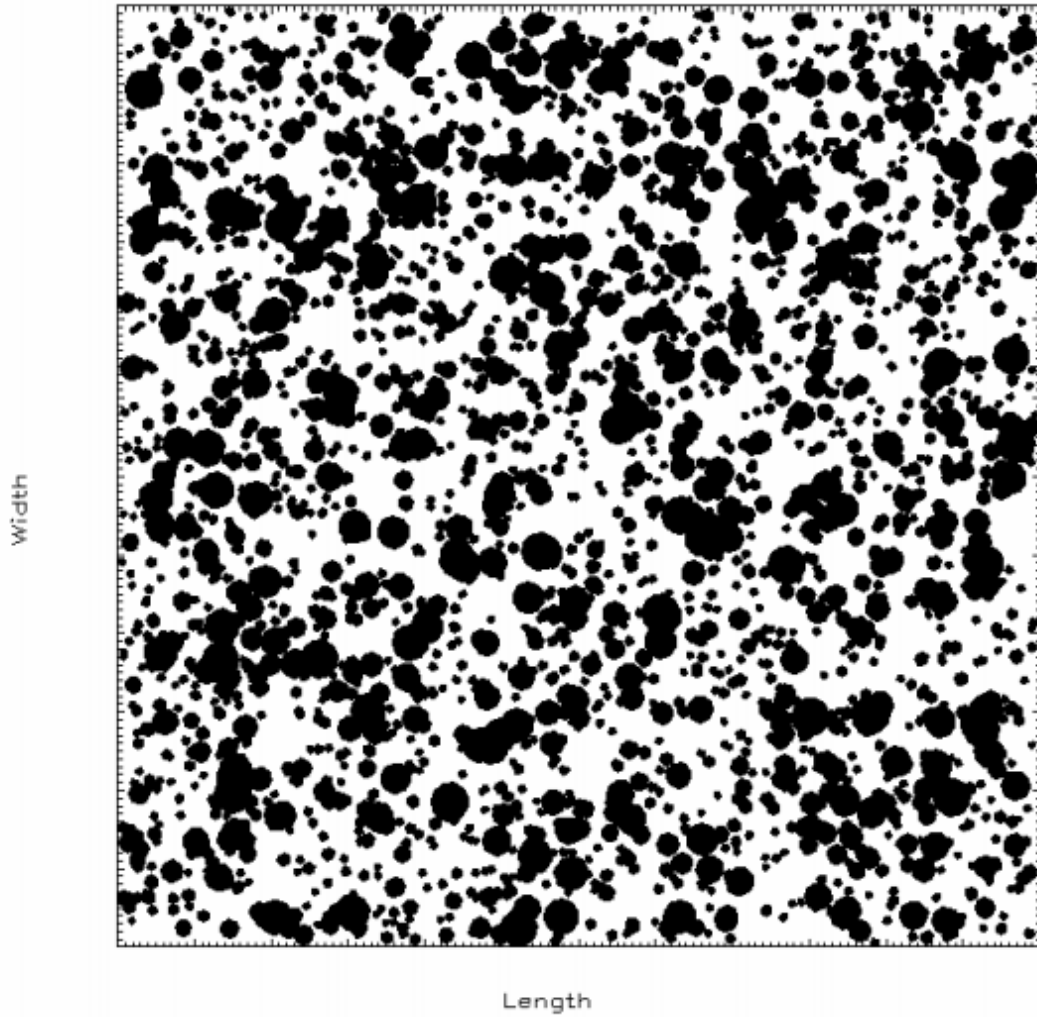
Rwt, see Equation (6.3)	Level 1 RSF	
	Cylinder	Sphere
0.8	0.91	0.89
0.6	0.82	0.78
0.4	0.73	0.67
0.2	0.64	0.56

g) Grado 7 de picado



Rwt, see Equation (6.3)	Level 1 RSF	
	Cylinder	Sphere
0.8	0.89	0.88
0.6	0.79	0.76
0.4	0.68	0.63
0.2	0,58	0.51

h) Grado 9 de picadura

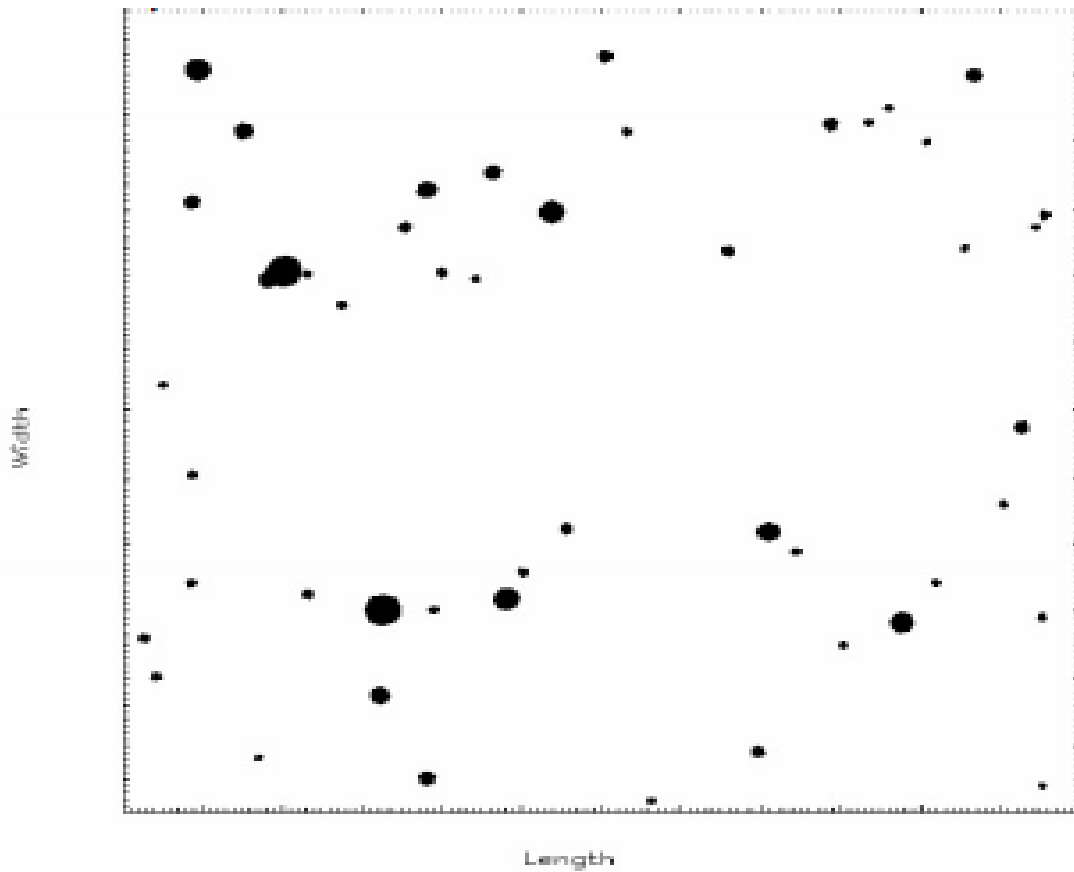


Rwt, see Equation (6.3)	Level 1 RSF	
	Cylinder	Sphere
0.8	0.88	0.87
0.6	0.77	0.74
0.4	0.65	0.60
0.2	0,63	0.47

Fuente: API 579-1/ASME FFS-1 2007 Fitness-For-Service Figure 6.3-Figure 6.10

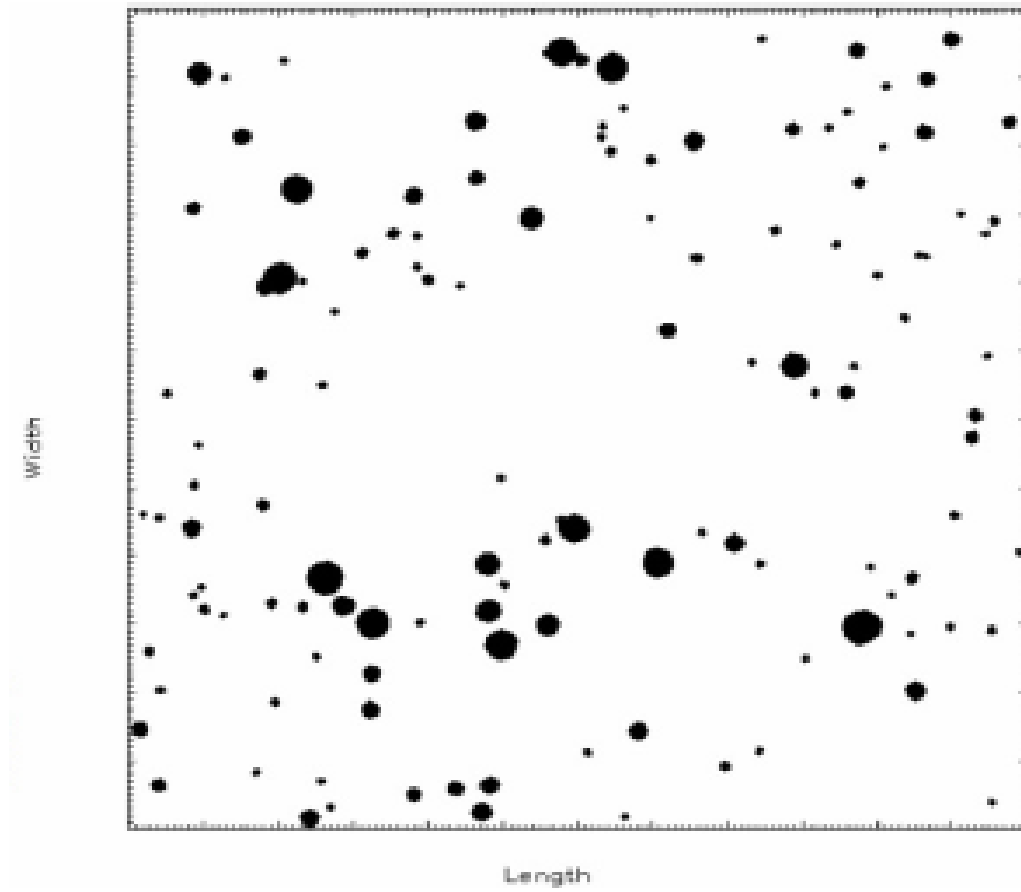
**Figura. 39. Grafica estándar 6.3 a 6.10 del API 579-1/ ASME FFS-1 utilizadas para compararlas con el daño real:**

b) Grado 1 de Picado



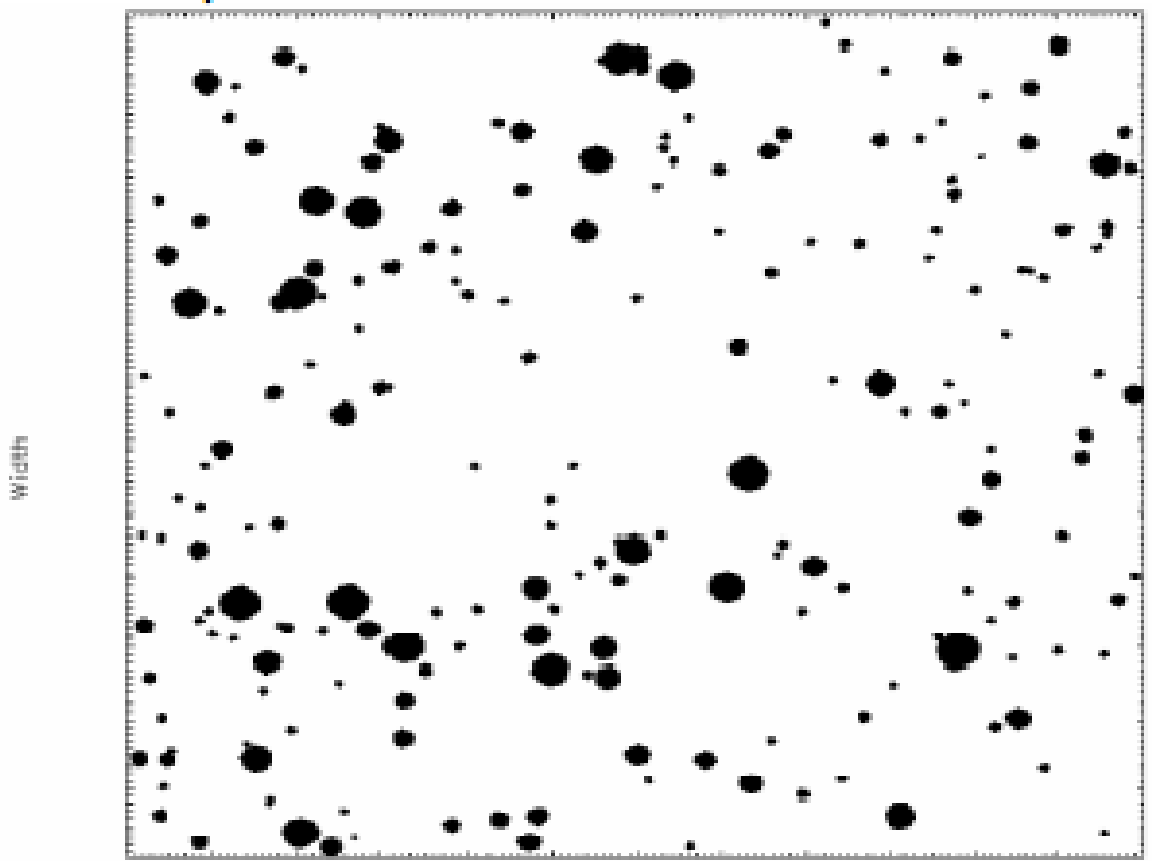
Rwt, see Equation (6.3)	Level 1 RSF	
	Cylinder	Sphere
0.8	0.97	0.96
0.6	0.95	0.91
0.4	0.92	0.87
0.2	0,89	0.83

b) Grado 2 de Picado



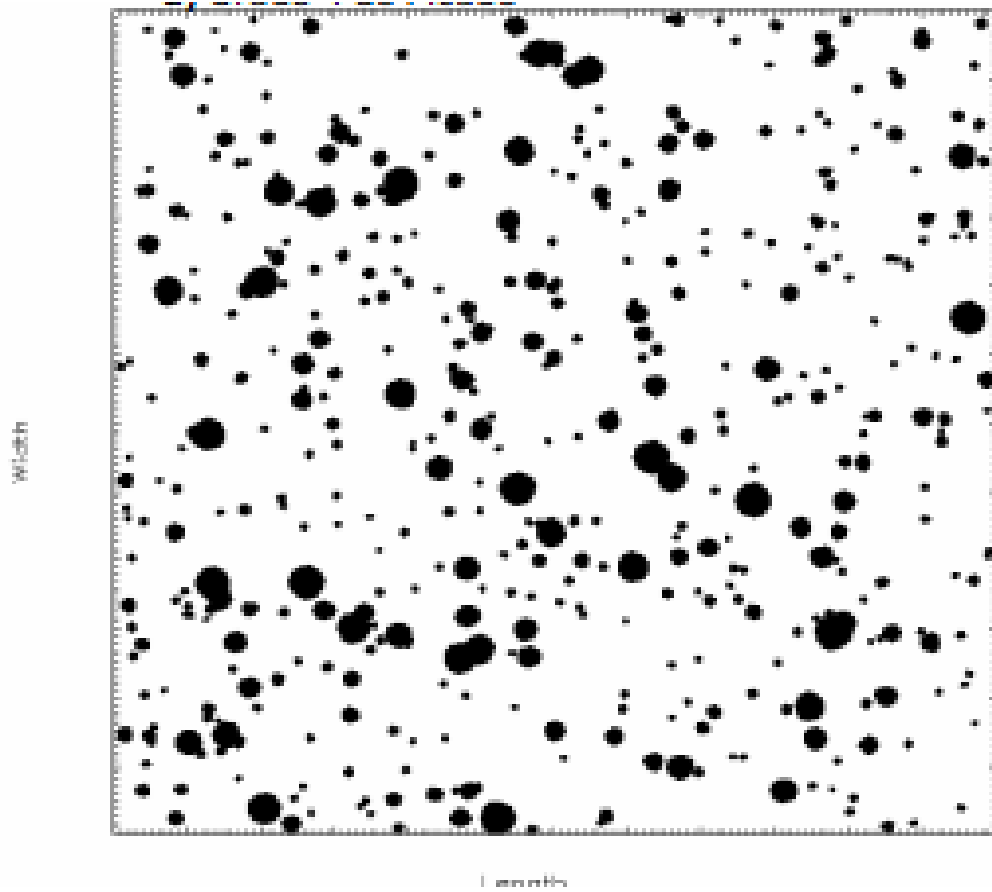
Rwt, see Equation (6.3)	Level 1 RSF	
	Cylinder	Sphere
0.8	0.97	0.96
0.6	0.95	0.91
0.4	0.92	0.87
0.2	0.89	0.83

g) Grado 3 de Picado



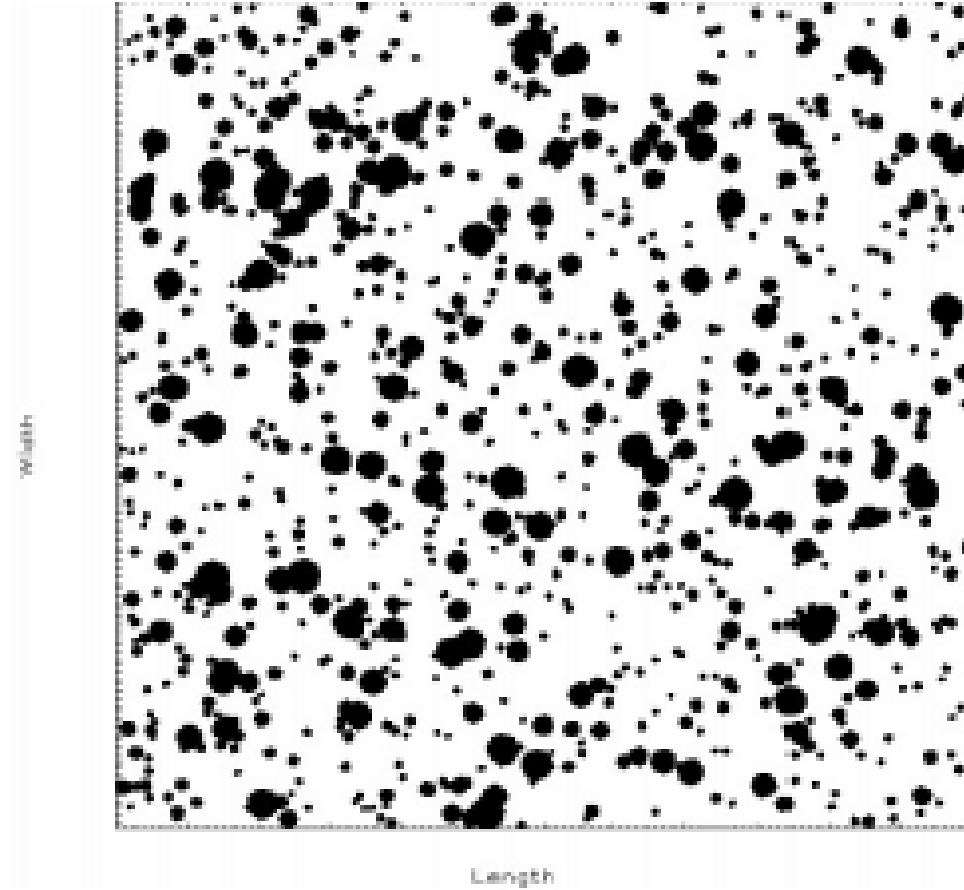
Rwt, see Equation (6.3)	Level 1 RSF	
	Cylinder	Sphere
0.8	0.96	0.95
0.6	0.93	0.89
0.4	0.89	0.84
0.2	0,86	0.79

h) Grado 4 de Picado



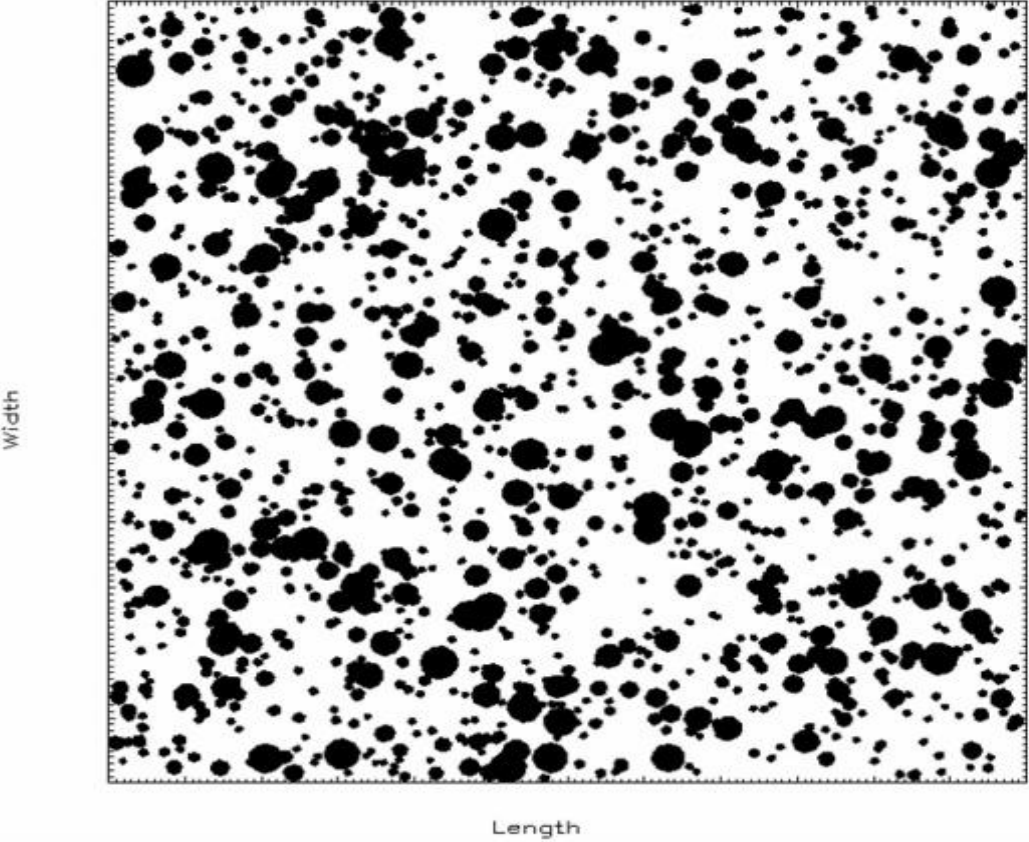
Rwt, see Equation (6.3)	Level 1 RSF	
	Cylinder	Sphere
0.8	0.95	0.93
0.6	0.90	0.86
0.4	0.85	0.79
0.2	0.79	0.72

i) Grado 5 de Picado



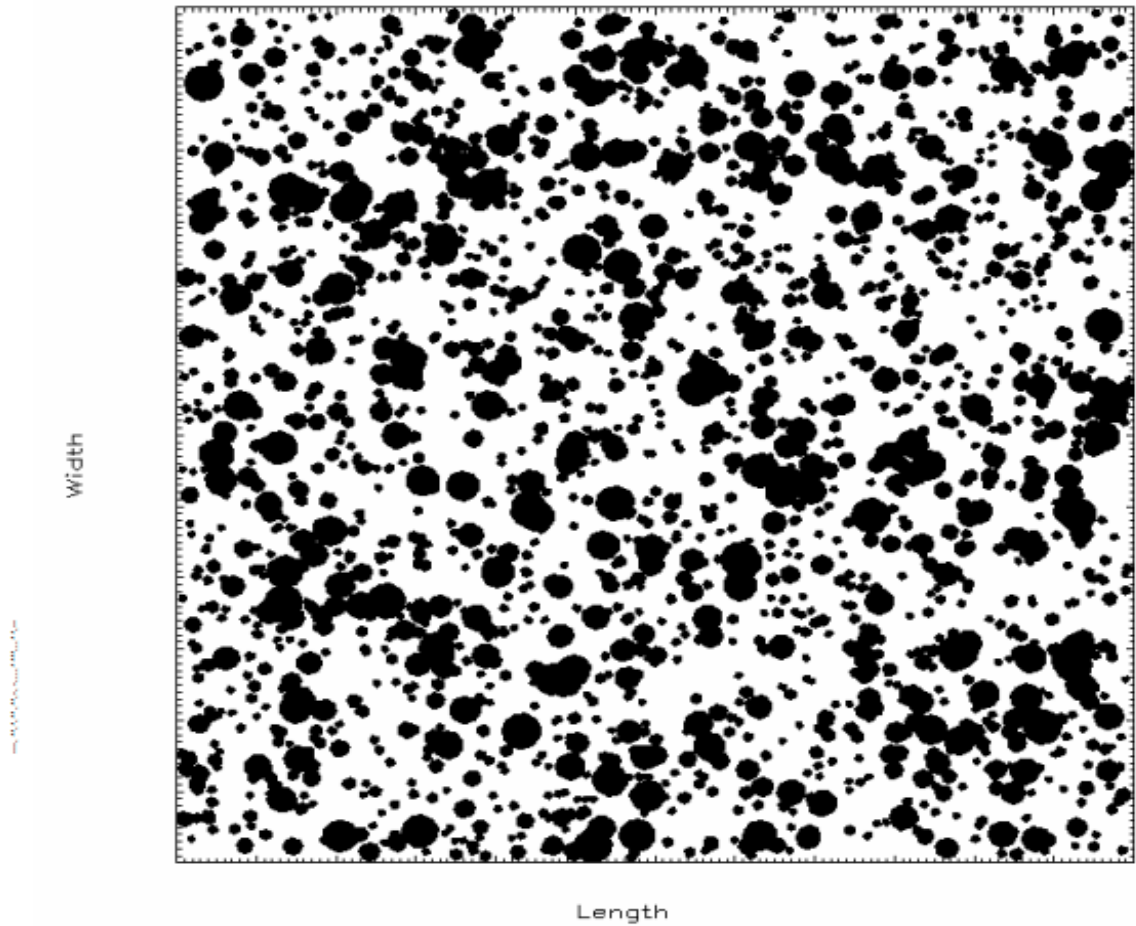
Rwt, see Equation (6.3)	Level 1 RSF	
	Cylinder	Sphere
0.8	0.93	0.91
0.6	0.85	0.81
0.4	0.78	0.72
0.2	0.70	0.62

f) Grado 6 de picado



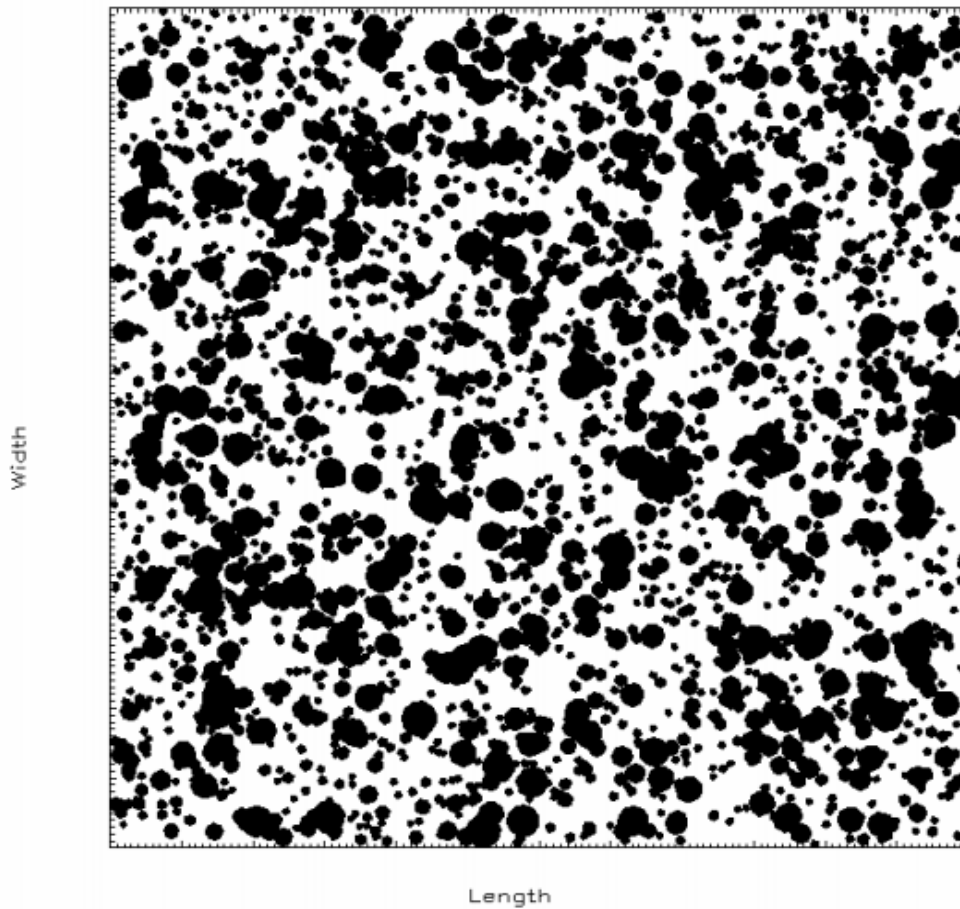
Rwt, see Equation (6.3)	Level 1 RSF	
	Cylinder	Sphere
0.8	0.91	0.89
0.6	0.82	0.78
0.4	0.73	0.67
0.2	0,64	0.56

g) Grado 7 de picado



Rwt, see Equation (6.3)	Level 1 RSF	
	Cylinder	Sphere
0.8	0.89	0.88
0.6	0.79	0.76
0.4	0.68	0.63
0.2	0,58	0.51

h) Grado 9 de picadura



Rwt, see Equation (6.3)	Level 1 RSF	
	Cylinder	Sphere
0.8	0.88	0.87
0.6	0.77	0.74
0.4	0.65	0.60
0.2	0,63	0.47

Fuente: API 579-1/ASME FFS-1 2007 Fitness-For-Service Figure 6.3-Figure 6.10

## **Anexo D. Capacitación de usuarios**

A fin de tener programas de capacitación eficaces y que tengan un impacto máximo en el desempeño individual y organizacional, se recomienda usar este enfoque sistemático con una progresión de las siguientes fases:

- Evaluación de necesidades.
- Diseño de programas.
- Instrumentación.
- Evaluación

### **FASE 1: Detectar necesidades de capacitación**

Se necesita capacitar a los usuarios que van a hacer el manejo adecuado de la herramienta, vamos a tener en cuenta los siguientes parámetros para realizar esta fase.

- Evaluación de desempeño.
- Observación.
- Cuestionarios.
- Solicitud de supervisores y gerentes.
- Entrevistas con supervisores y gerentes.

### **FASE 2: Diseño del programa de capacitación**

- ¿QUÉ debe enseñarse? debe enseñarse el uso adecuado de la herramienta, además de su instalación en un dispositivo móvil.
- ¿QUIÉN debe aprender? Deben aprender todos los usuarios que están capacitados en los conocimientos de la Norma y desean hacer uso de esta herramienta para fortalecer su conocimiento y deseen
- ¿CUÁNDO debe enseñarse? Se debe enseñar al cliente desde el mismo momento en que se aprueba una iteración y se ha desarrollado una sección completa del software, además cuando se da por terminada la herramienta y se pone a disposición de los usuarios.

- ¿DÓNDE debe enseñarse? En cualquier aula educativa, preferiblemente un lugar tranquilo.
- ¿CÓMO debe enseñarse? Debe enseñarse siguiendo los manuales de usuario y específicamente por secciones, así como esta especificado en la Norma API RP 579.
- ¿QUIÉN debe enseñar? Debe ser enseñada por cualquiera de las dos desarrolladoras de la herramienta quienes son las que tienen el conocimiento del funcionamiento de la herramienta.

### **FASE 3: Implementar el programa de capacitación**

#### **POR SU NATURALEZA**

- **Capacitación de Orientación:** para familiarizar a nuevos colaboradores de la organización, por ejemplo en caso de los colaboradores ingresantes.

(Ver encuestas de Capacitación).

#### **Estructura de Plan de Capacitación**

Tema	Duración	Modalidad	Facilitador	Participantes
Introducción	30 minutos	Presencial	Yeimy G.	Iván Uribe John Niño
Descripción de los Módulos	15 minutos	Presencial	Johanna S.	Iván Uribe John Niño
Operaciones del Sistema	20 minutos	Presencial	Johanna S.	Iván Uribe John Niño
Resultados de las Operaciones	10 min	Presencial	Yeimy G.	Iván Uribe John Niño

### **FASE 4: Evaluación del programa de capacitación**

La etapa final del proceso de capacitación es la evaluación de los resultados obtenidos, en la cual se intenta responder preguntas tales como:

- ¿Qué estamos obteniendo de los programas de capacitación? Se obtiene un buen desempeño a la hora de usar la herramienta software, además

estamos cumpliendo con uno de los objetivos propuestos al inicio del proyecto.

- ¿Estamos usando productivamente nuestro tiempo y nuestro dinero? Se contribuye a la realización de los procesos de la norma en menos tiempo, además ayuda evitar costos altos al realizar una evaluación rápida del equipo permitiendo así ayudar en la economía de la empresa.

### Encuesta de Capacitación

Tema de la Capacitación:	HERRAMIENTA SOFTWARE PARA DISPOSITIVOS MÓVILES, ORIENTADA AL ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DEL DAÑO PRESENTE EN EQUIPOS DE LA INDUSTRIA DEL SECTOR PETROQUÍMICO BASADO EN LA NORMA API RP 579 (FITNESS-FOR-SERVICE).			
Objetivo de la capacitación:	Orientar a los usuarios al manejo adecuado de la herramienta y de sus componentes.			
Nombre del Capacitador:	Yeimy Katherine Galvis Duarte			
Entidad / Empresa	Campo Escuela Colorado UIS			
A continuación le solicitamos marcar con una X el nivel de la escala que mejor refleje su opinión, frente a cada criterio de evaluación.				
<b>TEMA</b>				
<b>Metodología</b>				
Los objetivos de la capacitación fueron claros.			X	
Los contenidos de la capacitación fueron suficientes para alcanzar los objetivos propuestos.			X	
La capacitación fue relevante y útil.				X
<b>Material</b>				
Los materiales que recibió fueron acertados y suficientes.			X	
Las presentaciones fueron claras y fáciles de seguir.			X	
El contenido fue oportuno y de calidad.			X	
La capacitación fue suficiente para implementar los conocimientos en su trabajo.				X
<b>Expositores</b>				
Los expositores dominan los temas tratados.				X
Los expositores tienen dominio de grupo.			X	
Los expositores estimulan la participación e intercambio de ideas y experiencias.			X	
<b>Organización</b>				
La organización del taller y el soporte logístico fueron apropiados.			X	
La sesión o sesiones se cumplieron en el horario dispuesto.		X		
<b>¿Qué tema le gustaría profundizar?</b>				
<b>SUGERENCIAS</b>				
Me gustaría un poco más de tiempo en el manejo de la herramienta ya que esta tiene un grado de complejidad alto y es una Norma extensa por lo que entre más tiempo se le deduce más claro va a quedar su uso y el manejo de sus procesos				

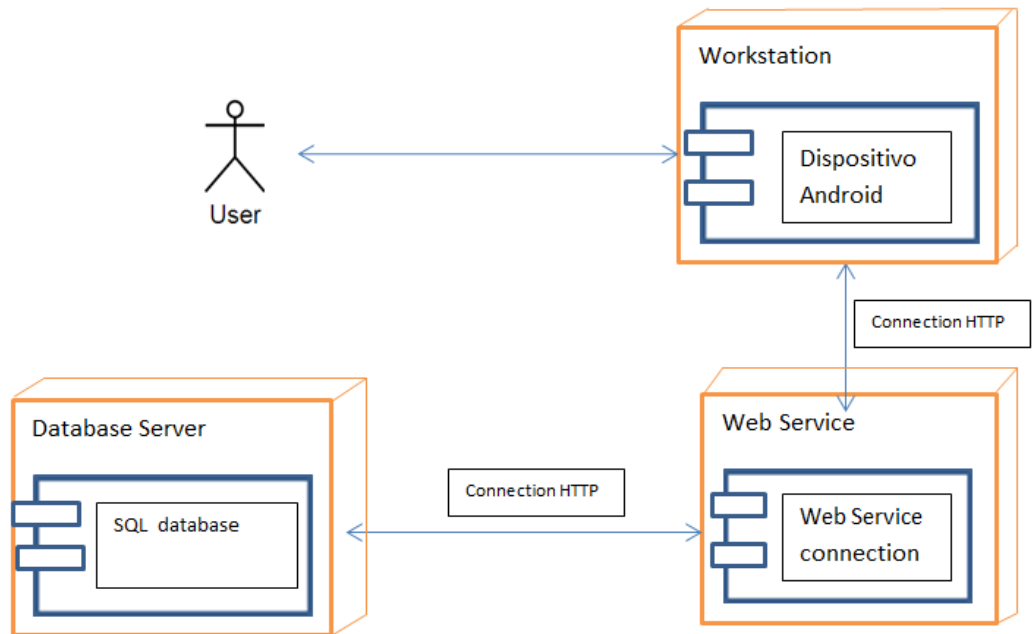
Tema de la Capacitación: HERRAMIENTA SOFTWARE PARA DISPOSITIVOS MÓVILES, ORIENTADA AL ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DEL DAÑO PRESENTE EN EQUIPOS DE LA INDUSTRIA DEL SECTOR PETROQUÍMICO BASADO EN LA NORMA API RP 579 (FITNESS-FOR-SERVICE).				
Objetivo de la capacitación: Orientar a los usuarios al manejo adecuado de la herramienta y de sus componentes.				
Nombre del Capacitador: Leydi Johanna Saavedra Quintero				
Entidad / Empresa: Campo Escuela Colorado UIS				
A continuación le solicitamos marcar con una <b>X</b> el nivel de la escala que mejor refleje su opinión, frente a cada criterio de evaluación.				
<b>TEMA</b>				
<b>Metodología</b>				
Los objetivos de la capacitación fueron claros.				X
Los contenidos de la capacitación fueron suficientes para alcanzar los objetivos propuestos.			X	
La capacitación fue relevante y útil.			X	
<b>Material</b>				
Los materiales que recibió fueron acertados y suficientes.			X	
Las presentaciones fueron claras y fáciles de seguir.		X		
El contenido fue oportuno y de calidad.				X
La capacitación fue suficiente para implementar los conocimientos en su trabajo.				X
<b>Expositores</b>				
Los expositores dominan los temas tratados.				X
Los expositores tienen dominio de grupo.			X	
Los expositores estimulan la participación e intercambio de ideas y experiencias.			X	
<b>Organización</b>				
La organización del taller y el soporte logístico fueron apropiados.			X	
La sesión o sesiones se cumplieron en el horario dispuesto.			X	
<b>¿Qué tema le gustaría profundizar?</b>				
Me gustaría profundizar más laminaciones				
<b>SUGERENCIAS</b>				

Fuente: Autor

## Anexo E. Elaboración y diseño

### DIAGRAMA DE DESPLIEGUE

**Ilustración 1.** Diagrama de despliegue



Fuente: Autor

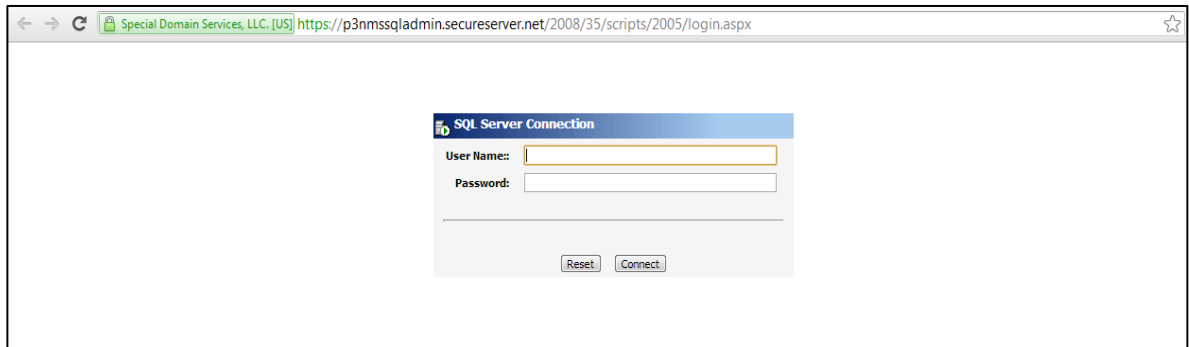
Ingreso al SQL Server Web Admin

1. Ingresar al siguiente Link

<https://p3nmssqladmin.secureserver.net/2008/35/scripts/2005/login.aspx>

Encontrará

### Ilustración 2. Ingreso al hosting



Fuente: Autor

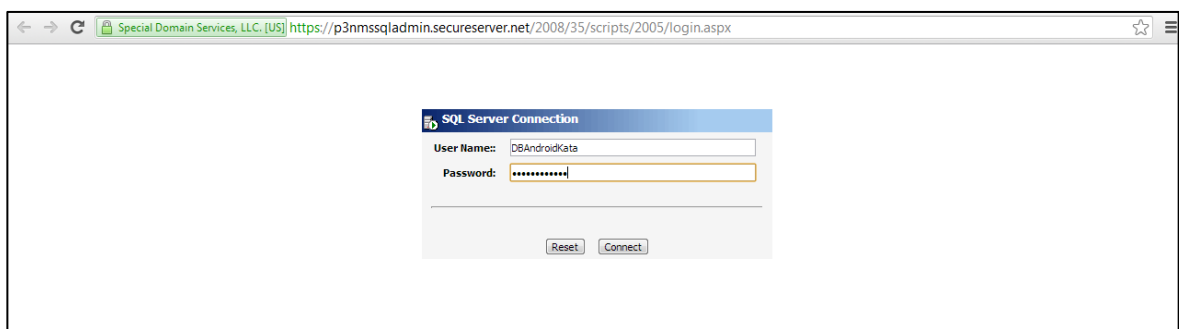
2. Ingresar los siguientes datos:

Usuario: DBAndroidKata

Contraseña: Montero#2013

Quedará así:

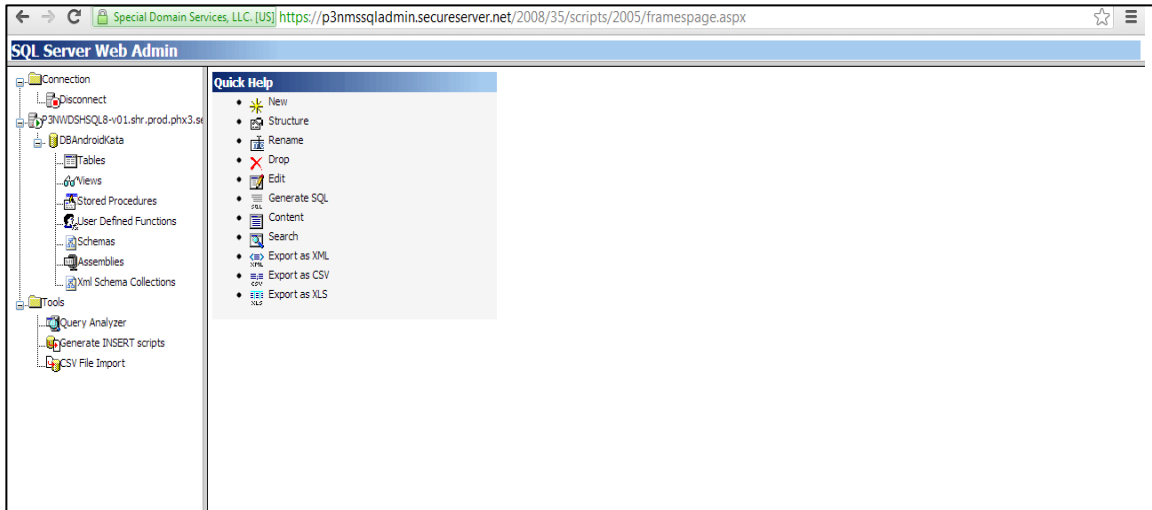
### Ilustración 3. Ingreso de datos



Fuente: Autor

3. Debe darle click en Connect

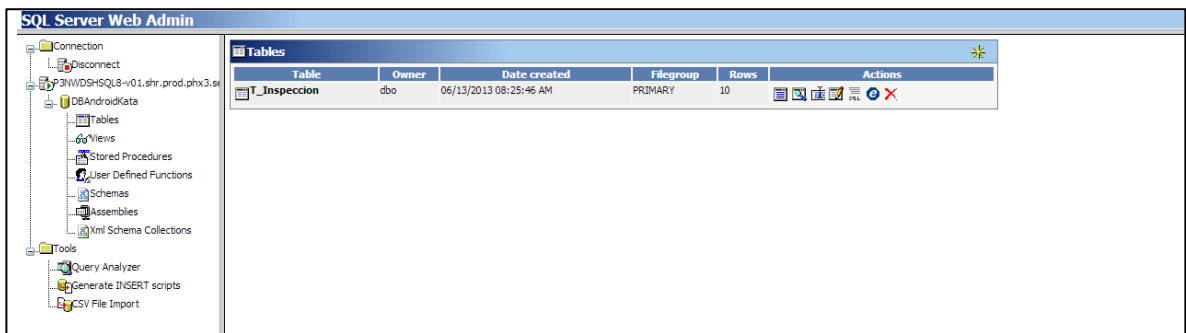
#### Ilustración 4. Ingreso al registro histórico



Fuente: Autor

4. Seleccionamos Tables (encontramos la Tabla de Registro de Inspecciones)

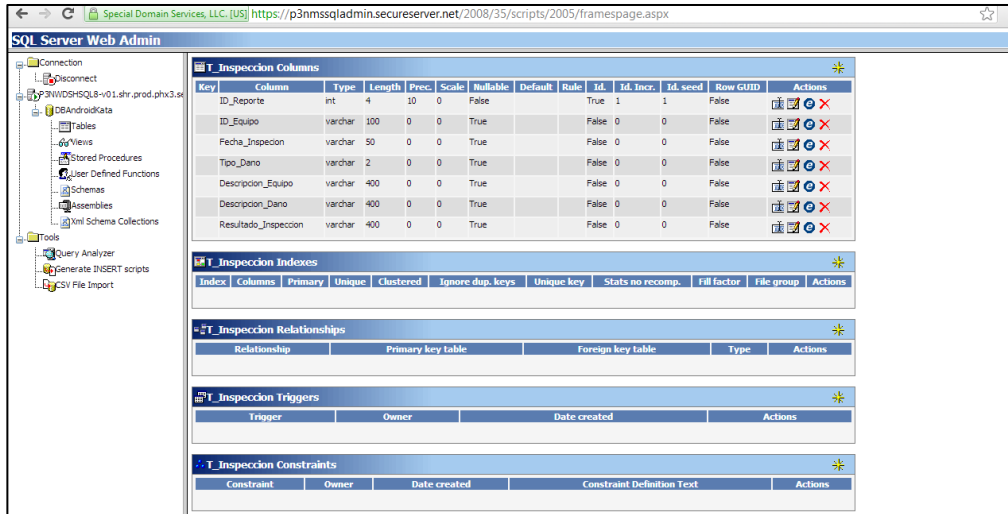
#### Ilustración 5. Ingreso a la Tabla



Fuente: Autor

5. Seleccionamos la tabla T\_Inspeccion (Encontramos los atributos de la tabla)

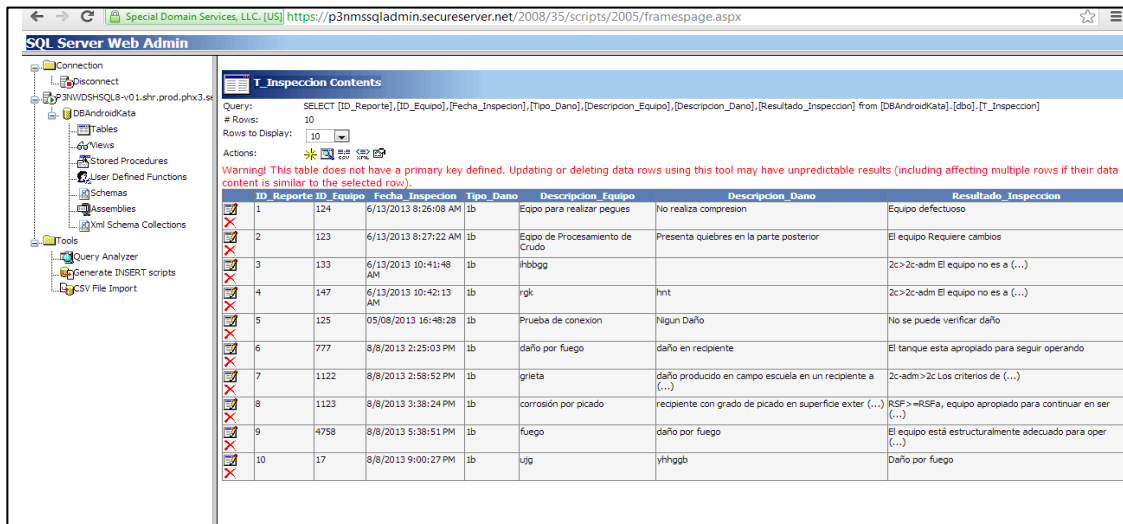
## Ilustración 6. Ingreso a contenido de la tabla



Fuente: Autor

6. En tables damos click, luego nos ubicamos en la parte de Actions y seleccionamos la opción View Contents. (se despliega las inspecciones realizadas, con los campos que requieren ser llenados para guardar cada inspección, cada vez que se elimine o se guarde una inspección debe aparecer en este registro Histórico las modificaciones).

## Ilustración 7. Ingreso al registro de Inspecciones



Fuente: Autor

## Explicación del funcionamiento de los archivos .java con los .xml – funcionamiento del web service

El proyecto consta de 68 archivos .java que están contenidos en la carpeta SRC del proyecto SIMAT y a su vez contiene 68 archivos .xml, que se encuentran en la sub-carpeta layout, que está dentro de la carpeta RES, también llamados layouts, son la parte gráfica de un programa y contienen el graphicallayout y el .xml. En los archivos .java se encuentra la programación del contenido de cada layout.

Por ejemplo este layout, que se muestra a continuación está dentro del módulo daño por fractura frágil que puede presentarse en tuberías, tanques o recipiente a presión. El caso que se analiza es en un recipiente a presión.

**Ilustración 8.** Layout recipiente a presión

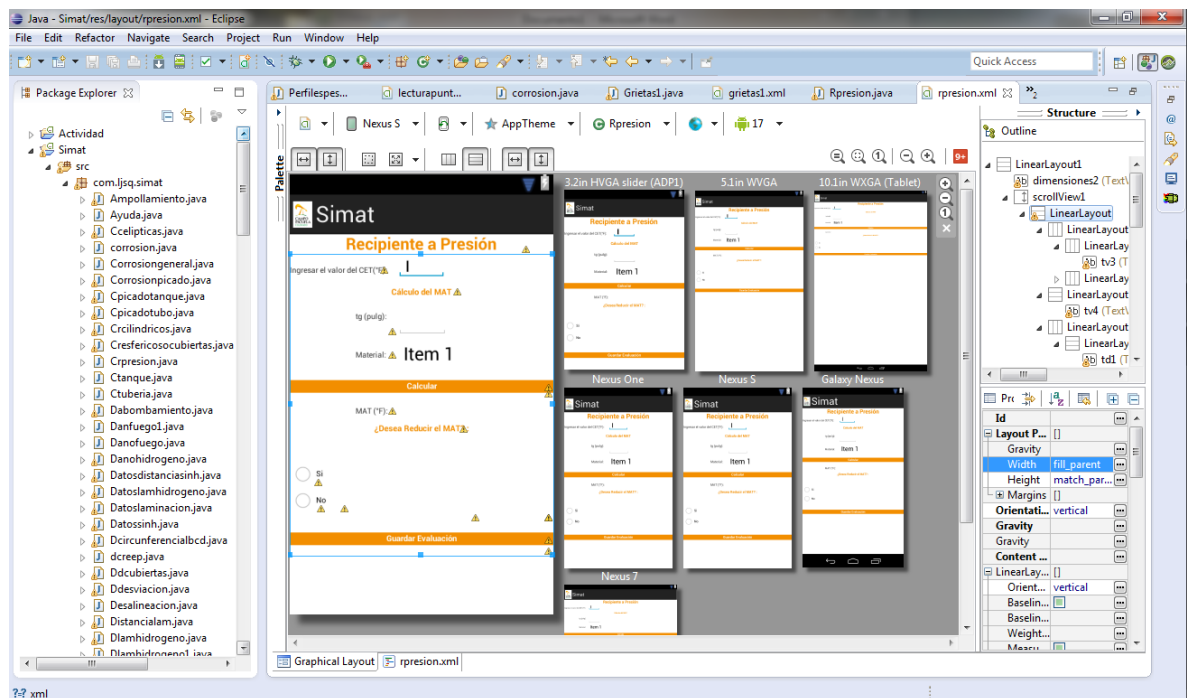
The screenshot shows a web application interface titled "Simat" with a sub-header "Recipiente a Presión". The interface includes a form for inputting data and a calculation section. The input fields are: "Ingresar el valor del CET(°F):" with the value "45", "tg (pulg):" with the value "12", and "Material:" with a dropdown menu showing "B". Below the input fields is a "Calcular" button. The results section shows "MAT (°F): -84.887175" and a question "¿Desea Reducir el MAT?:". There are two radio buttons: "Si" (unselected) and "No" (selected). Below the radio buttons is a message: "CET >= MAT Componente apropiado para continuar en servicio". At the bottom of the form is a "Guardar Evaluación" button.

Fuente: Autor

## Visualización del GraphicalLayout

Es decir la parte gráfica, del contenido en diferentes pantallas de dispositivos, esta aplicación en cuanto a la parte gráfica se realizó con el tipo de layout linear layout, estructura que se puede observar en la parte superior derecha, existe un linear layout general, que contiene a su vez un scrollview vertical, para poder deslizar hacia la pantalla hacia arriba y hacia abajo, dentro de este se encuentran nueve linear layout horizontales, que a su vez cada división horizontal puede contener en este ejemplo 2 linear layout verticales y dentro de cada uno de ellos el contenido de un textview (texto definido o escrito) o un edittext (texto que se escribe).

### Ilustración 9. Vistas de los Layouts



Fuente: Autor

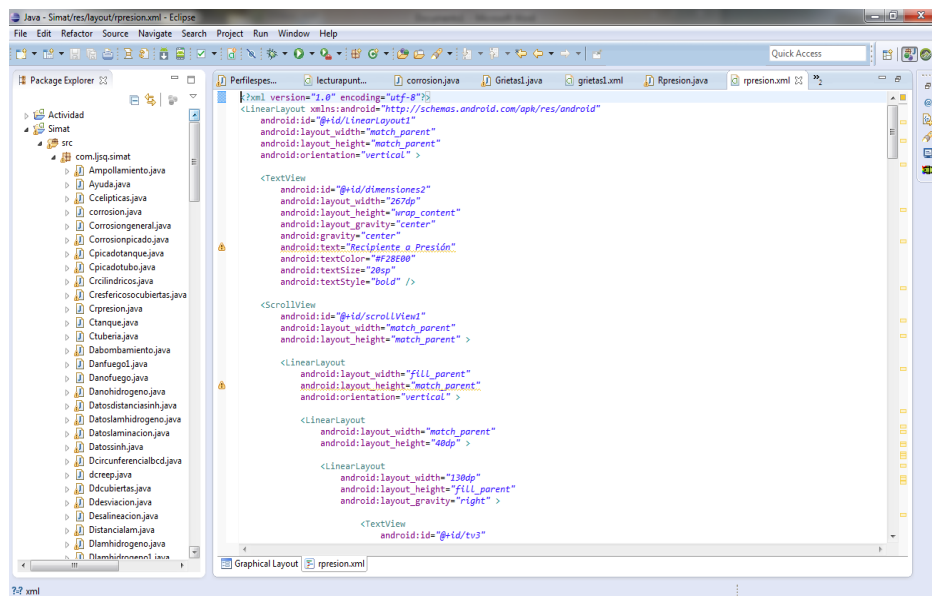
## Visualización del archivo .xml de Rpresion.xml

En primera instancia se muestra el layout vertical general con sus propiedades width “ancho” y height “alto”, definidas con valor “ match parent” , es decir se adapte al contenido que tienen, despues un textview con el titulo y sus propiedades, laid( identidad, que es asociada en el archivo.java, para posteriormente programarse), textcolor (color texto) , textsize(tamaño texto), textstyle(tipo texto), gravity (gravedad texto), text(contenido a visualizar).

Luego se observa el scrollview vertical que pemite el deslizamiento hacia arriba y hacia abajo en la pantalla, con sus propiedades en ancho y altura a lo que contengan.

Después se observa un layout vertical con ancho fill\_ parent, es decir igual al padre (layout principal) y alto match\_ parent, es decir el tamaño definido por su contenido, que a su vez contiene un layout horizontal con ancho definido por su contenido y alto de 40 dp, este layout contine un layout vertical de ancho 130dp y alto definido por el padre de este layout que es el anterior es decir 40dp.

### Ilustración 10. Propiedades del layout



```
<?xml version="1.0" encoding="utf-8"?>
<LinearLayout xmlns:android="http://schemas.android.com/apk/res/android"
    android:id="@+id/linearLayout1"
    android:layout_width="match_parent"
    android:layout_height="match_parent"
    android:orientation="vertical" >

    <TextView
        android:id="@+id/dimensiones2"
        android:layout_width="267dp"
        android:layout_height="wrap_content"
        android:layout_gravity="center"
        android:gravity="center"
        android:text="Receptivo a Presión"
        android:textColor="#2E2E2E"
        android:textSize="28sp"
        android:textStyle="bold" />

    <ScrollView
        android:id="@+id/scrollView1"
        android:layout_width="match_parent"
        android:layout_height="match_parent" >

        <LinearLayout
            android:layout_width="fill_parent"
            android:layout_height="match_parent"
            android:orientation="vertical" >

            <LinearLayout
                android:layout_width="match_parent"
                android:layout_height="40dp" >

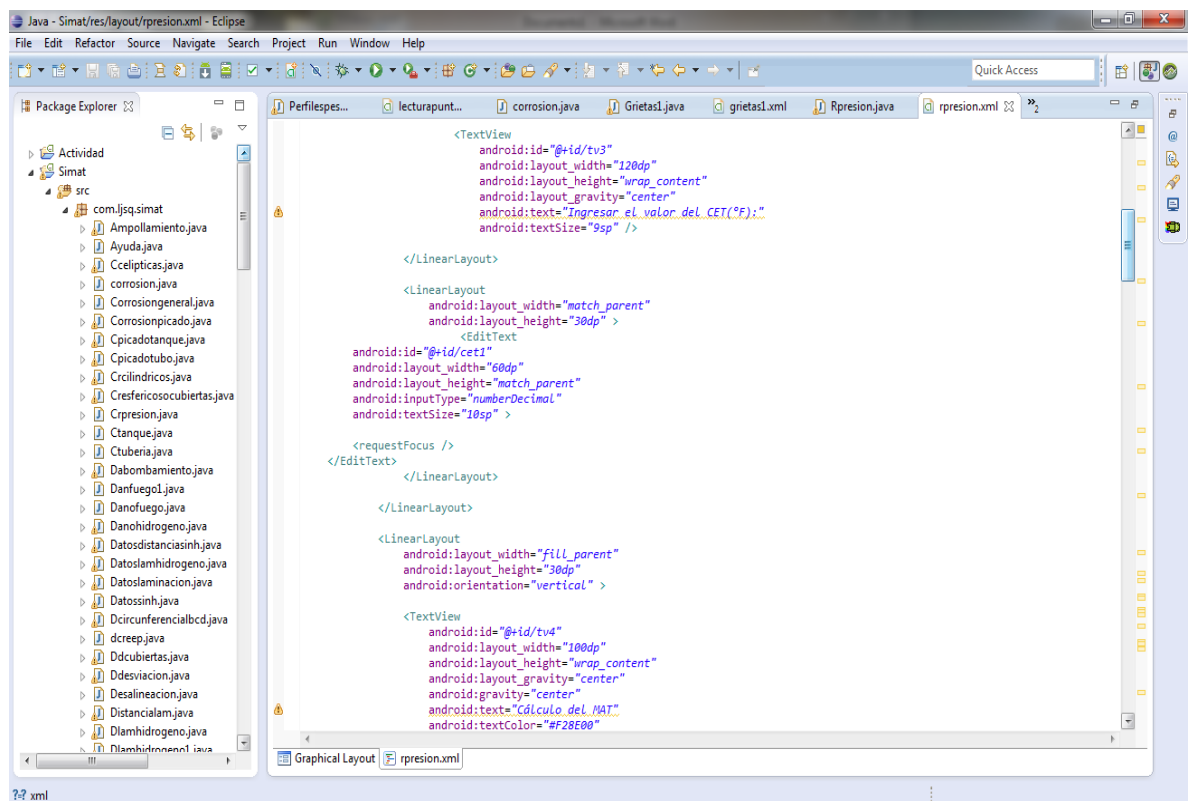
                <LinearLayout
                    android:layout_width="130dp"
                    android:layout_height="fill_parent"
                    android:layout_gravity="right" >

                    <TextView
                        android:id="@+id/tv3" >
```

Fuente: Autor

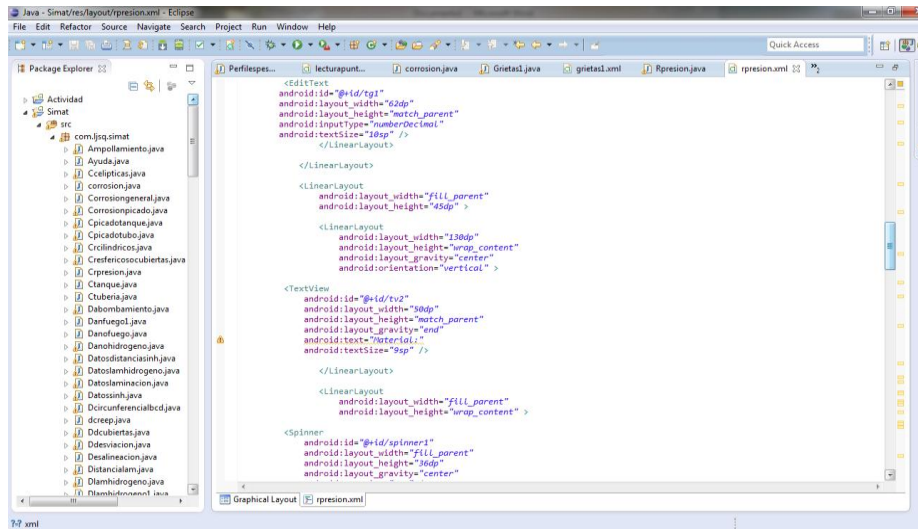
Como se observa a continuación este layout de ancho 130dp y alto 40d contiene un textview con texto “Igresar el valor de cet”, y sus respectivas propiedades. A continuación se observa otro linear layout vertical que contine un edit text con sus propiedades y un id(cet1), este valor es muy importante porque es lo que nos permite reconocer el valor ingresado por pantalla en un .java, tambien observamos un request focus, que es el focos que siempre tendra esta caja de texto.Inmediatamente después se cierra este layout vertical y el horizontal. Asi sucesivamente.

**Ilustración 11.** Variables del layout



Fuente: Autor

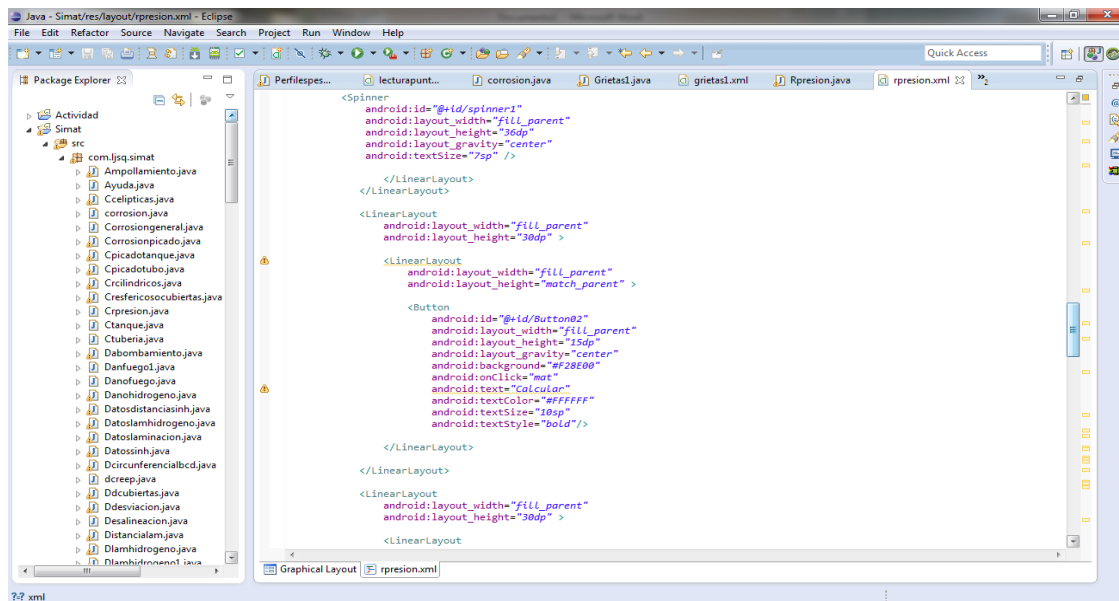
## Ilustración 12. Llamado a la función MAT



Fuente: Autor

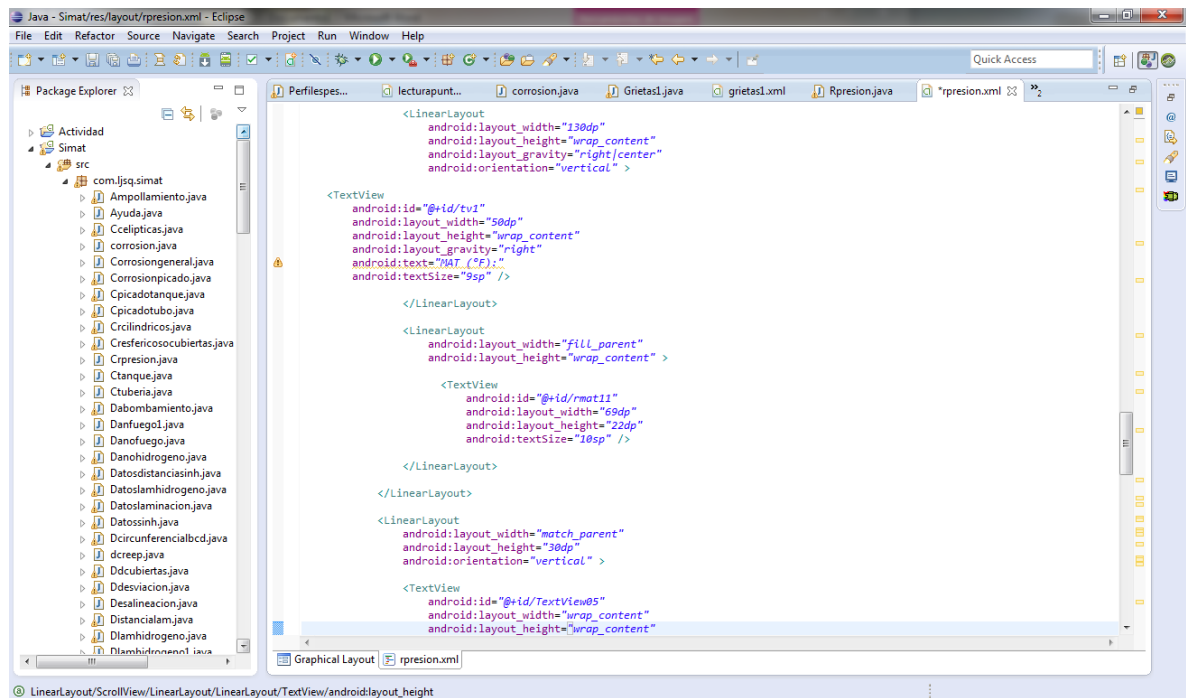
El botón que es contenido en el linear layout que se ve a continuación, tiene además de sus propiedades generales que al click llama a la función mat en el .java y debe ser programada.

## Ilustración 13. Final del código .JAVA



Fuente: Autor

## Ilustración 14. Radio Group



Fuente: Autor

Se observa un radio group con sus propiedades generales y un id que permitira indentificar este radio button dentro del .java para ser programado, asu vez se aprecia dentro de este un radio button con la propiedad adicional que al click se ejecute la función onClick.

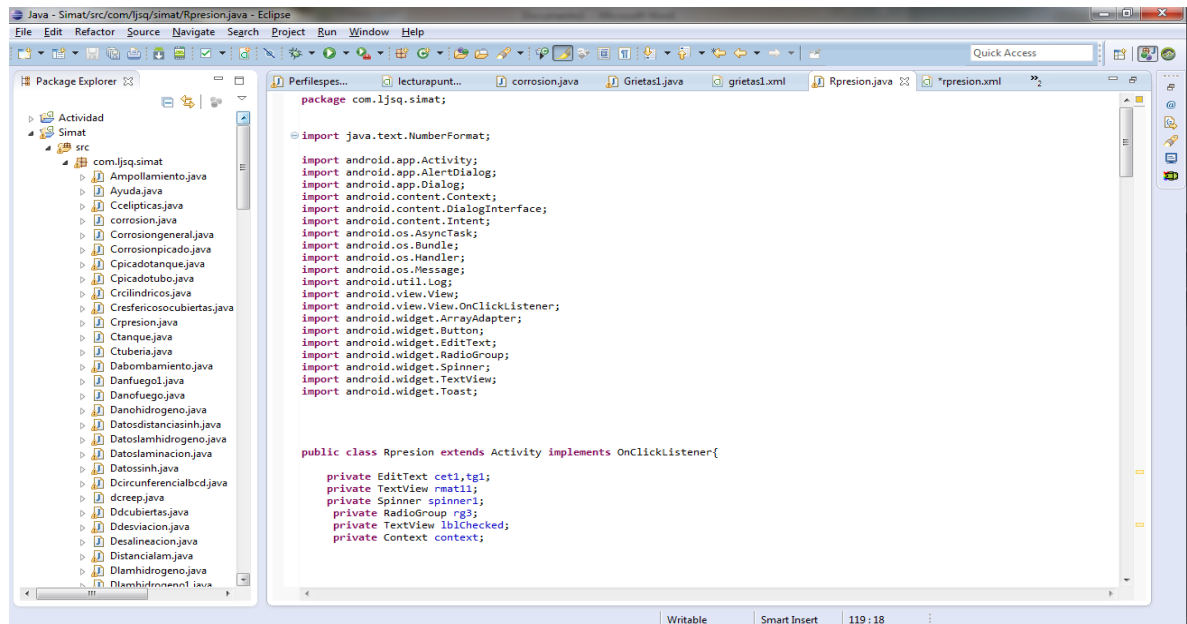
### Visualización del archivo .java

Lo primero que se debe hacer es importar las clases a usar en el desarrollo de la aplicación, observemos como la clase Rpresion hereda de la clase Activity. La clase Activity representa una ventana de Android y tiene todos los métodos necesarios para crear y mostrar los objetos que hemos dispuesto en el archivo xml, entonces, la clase publica Rpresion se extiende a una actividad(mencionada más adelante, que es el .xml) y que al click realizara un proceso, esto no siempre es así, en este caso lo es , porque al checked

del radio button se llamara a otra clase, con otra actividad y además se enviaran datos. Después se declaran privadas las variables con los id que se toman del .xml, únicamente se definen aquellas que implican valores ingresados por el cliente o valores que se deben visualizar al cliente.

Edittext cet1 y tg1, son valores ingresados por el cliente, spinner1 es una lista desplegable y radio group, son opciones donde el cliente selecciona, mientras que textviewlblchecked y rmat11, son resultados impresos a partir del análisis que se realiza basados en datos que se ingresaron, la variable context, es la que tomara la información de resultado y que se enviara al webservice.

### Ilustración 15. Número del formato



Fuente: Autor

Después se instancia la clase al layout rpresion(el nombre del layout y la clase pueden ser diferentes), esto se hace con el método onCreate heredado de la clase Activity donde procedemos a llamar la método setContentView pasando como referencia una valor almacenado en una constante llamada rpresion contenida en una clase llamada layout que a su vez la contiene una clase llamada

R (veremos más adelante que el ADT se encarga de crear la clase R en forma automática y sirve como puente entre el archivo xml y nuestra clase Rpresion).

Luego en el método onCreate debemos enlazar estas variables con los objetos definidos en el archivo XML, esto se hace llamando al método findViewById, se relacionan los id de cada objeto que nos interesa, con las variables que se definieron anteriormente, el id debe ser el definido para cada objeto en el .xml, mientras que la variable puede ser de nombre diferente, en este caso la variable tiene el mismo nombre del id.

Al método findViewById debemos pasar la constante creada en la clase R (recordemos que se crea automáticamente esta clase) el nombre de la constante si debe ser igual con el nombre de la propiedad del objeto creado en el archivo XML. Como la clase findViewById retorna una clase de tipo View luego debemos anteceder entre paréntesis el nombre de la clase, es decir:

```
Cet1=(TextView)findViewById(R.id.cet1)
```

En el spinner, el contenido de la lista desplegable se define al inicio mediante un vector opciones que tiene el contenido de la lista y que posteriormente y para visualizarse crea un layout simple que se adapta al contenido de opciones.

Mat es una función que se ejecuta al click del boton calcular, lo primero hace, es obtener la cadena ingresada en la variable que contiene un id y se almacena en un string, posteriormente se verifica que se hallan ingresado todos los datos solicitados, si existe alguno vacío, mediante un toast se mostrara un mensajes informando la falta de datos y que evitara la ejecución. Si los datos están completos se procedera a realizar el analisis y las respectivas operaciones.

Se aprecia como se instancia una variable nt de la clase number format y que permitira un máximo de 6 dígitos a al variable con que se use. Después

con `parseFloat`, se pasa a `Double` el valor que anteriormente almacenamos en la variable `string` y es almacenado en una variable del mismo tipo, luego se define un `string` `selec`, que almacena el valor seleccionado por el cliente y que seguidamente se programa el proceso para cada opción. Los resultados de las formulas que se implementan son guardados en variables tipo `Double` que se les da formato con la variable `nf`, se almacena en un `string` (`a1`) y posteriormente, se pasa a `Double`, se almacena en una variable tipo `Double` (`ra`), luego (`ra`) se debe convertir a `string` y almacenarse en una variable `string` llamada `resu`.

### Ilustración 16. Definición de variables

```

protected void onCreate(Bundle savedInstanceState) {
    super.onCreate(savedInstanceState);
    setContentView(R.layout.rpresion);
    context = this;
    cet1=(EditText)findViewById(R.id.cet1);
    tg1=(EditText)findViewById(R.id.tg1);
    rmat11=(TextView)findViewById(R.id.rmat11);
    lblChecked= (TextView)findViewById(R.id.ms3);
    rg3= (RadioGroup)findViewById(R.id.rg3);
    spinner1 = (Spinner) findViewById(R.id.spinner1);
    String []opciones={"A","B","C","D"};
    ArrayAdapter<String> adapter = new ArrayAdapter<String>(this,android.R.layout.simple_spinner_item, opciones);
    spinner1.setAdapter(adapter);
}

public void mat(View view) {
    String vtg1=tg1.getText().toString();
    String c=cet1.getText().toString();

    if ((vtg1.trim().equals("")) || (c.trim().equals("")) ) {
        Toast aviso =Toast.makeText(getApplicationContext(), "Faltan datos por ingresar", Toast.LENGTH_SHORT);
        aviso.show();
    }
    else{
        NumberFormat nf=NumberFormat.getInstance();
        nf.setMaximumFractionDigits(6);

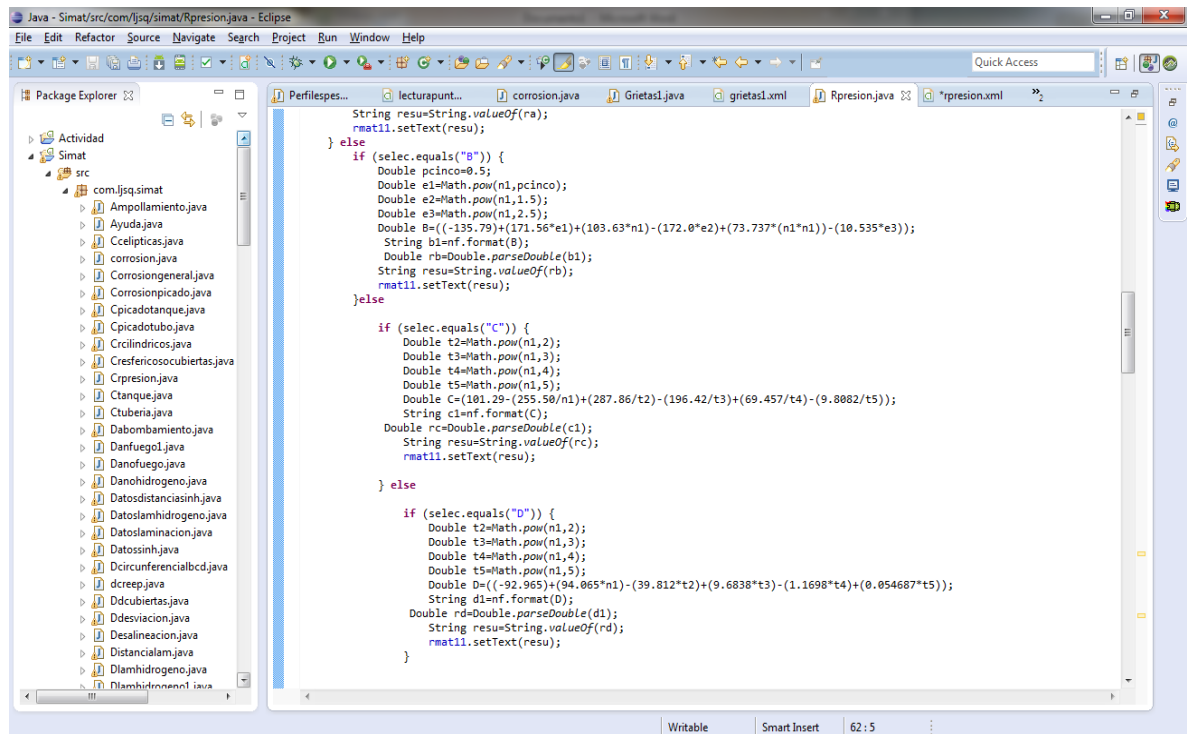
        Double n1=Double.parseDouble(vtg1);
        String selec=spinner1.getSelectedItem().toString();
        if (selec.equals("A")) {
            Double ex=Math.pow(n1,2);
            Double A=((( -76.911)+(284.85*n1)-(27.560*ex))/(1.0+(1.7971*n1)-(0.17887*ex)));
            String a1=nf.format(A);
            Double ra=Double.parseDouble(a1);
            String resu=String.valueOf(ra);
        }
    }
}

```

Fuente: Autor

Luego el valor de (ra) convertido en string es almacenado en una variable tipo string llamada resu, para después poner el contenido de resu, en el textview rmat11. Así hasta terminar el proceso de la función mat.

## Ilustración 17. Variables Duples

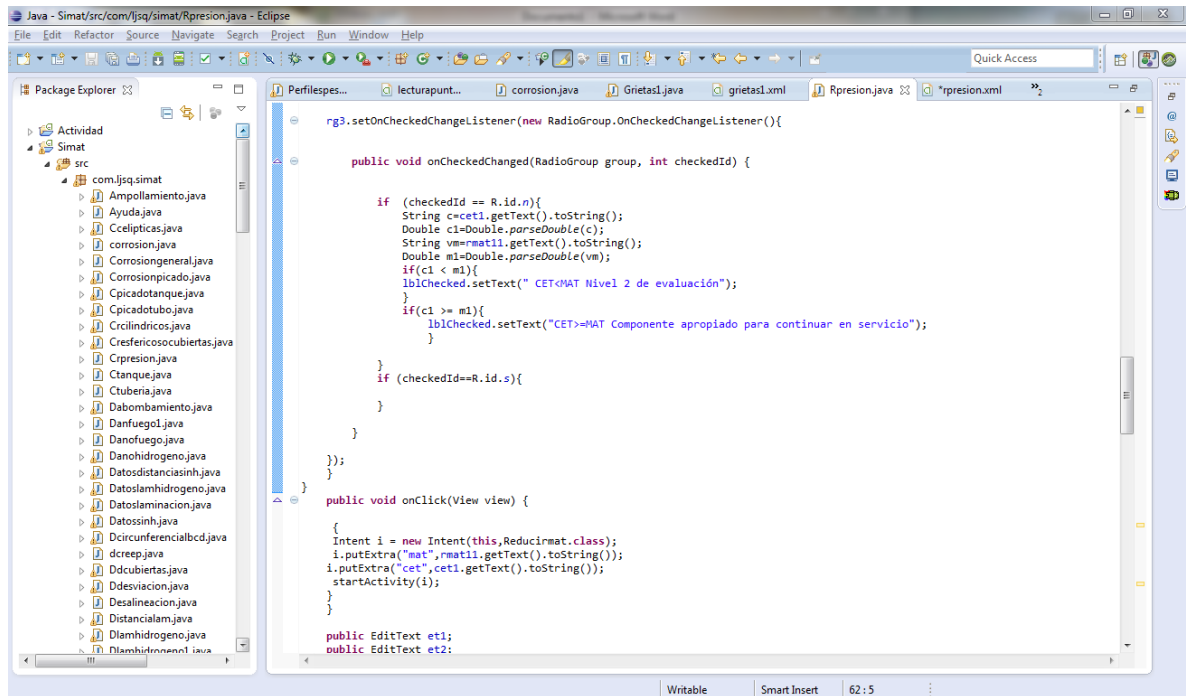


```
String resu=String.valueOf(ra);
rmat11.setText(resu);
} else
if (selec.equals("B")) {
Double pcinco=0.5;
Double e1=Math.pow(n1,pcinco);
Double e2=Math.pow(n1,1.5);
Double e3=Math.pow(n1,2.5);
Double B=(-135.79)+(171.56*e1)+(103.63*n1)-(172.0*e2)+(73.737*(n1*n1))-(10.535*e3);
String d1=inf.format(B);
Double rb=Double.parseDouble(b1);
String resu=String.valueOf(rb);
rmat11.setText(resu);
} else
if (selec.equals("C")) {
Double t2=Math.pow(n1,2);
Double t3=Math.pow(n1,3);
Double t4=Math.pow(n1,4);
Double t5=Math.pow(n1,5);
Double C=(101.29-(255.50/n1)+(287.86/t2)-(196.42/t3)+(69.457/t4)-(9.8082/t5));
String c1=inf.format(C);
Double rc=Double.parseDouble(c1);
String resu=String.valueOf(rc);
rmat11.setText(resu);
} else
if (selec.equals("D")) {
Double t2=Math.pow(n1,2);
Double t3=Math.pow(n1,3);
Double t4=Math.pow(n1,4);
Double t5=Math.pow(n1,5);
Double D=(-92.965)+(94.065*n1)-(39.812*t2)+(9.6838*t3)-(1.1698*t4)+(0.054687*t5);
String d1=inf.format(D);
Double rd=Double.parseDouble(d1);
String resu=String.valueOf(rd);
rmat11.setText(resu);
}
```

Fuente: Autor

A continuación definimos el evento al checked del Radio Group definido rg3, entonces si es seleccionado el radio button con id n realiza el proceso de convertir la variable, comparar y emitir resultado, mientras que si es seleccionado el radio button con id s, no realice nada y se cierra esta función, pero se aprecia luego la función onClick que es propiedad del radio button con id s, por tanto se ejecuta al ser seleccionado este, lo que se realiza es crear un ítem llamado i desde esta clase, llamado a la clase Reducirmat y donde se envían los valores de rmat11 y cet1 y por último se inicializa con startActivity(i).

## Ilustración 18. Variables Públicas



```
rg3.setOnCheckedChangeListener(new RadioGroup.OnCheckedChangeListener(){

    public void onCheckedChanged(RadioGroup group, int checkedId) {

        if (checkedId == R.id.n){
            String c=cet1.getText().toString();
            Double c1=Double.parseDouble(c);
            String vm=rmat11.getText().toString();
            Double m1=Double.parseDouble(vm);
            if(c1 < m1){
                lblChecked.setText(" CET<MAT Nivel 2 de evaluación");
            }
            if(c1 >= m1){
                lblChecked.setText("CET>=MAT Componente apropiado para continuar en servicio");
            }
        }
        if (checkedId==R.id.s){

        }

    }

});

public void onClick(View view) {

    {
        Intent i = new Intent(this,Reducimatl.class);
        i.putExtra("mat",rmat11.getText().toString());
        i.putExtra("cet",cet1.getText().toString());
        startActivity(i);
    }

    public EditText et1;
    public EditText et2;
```

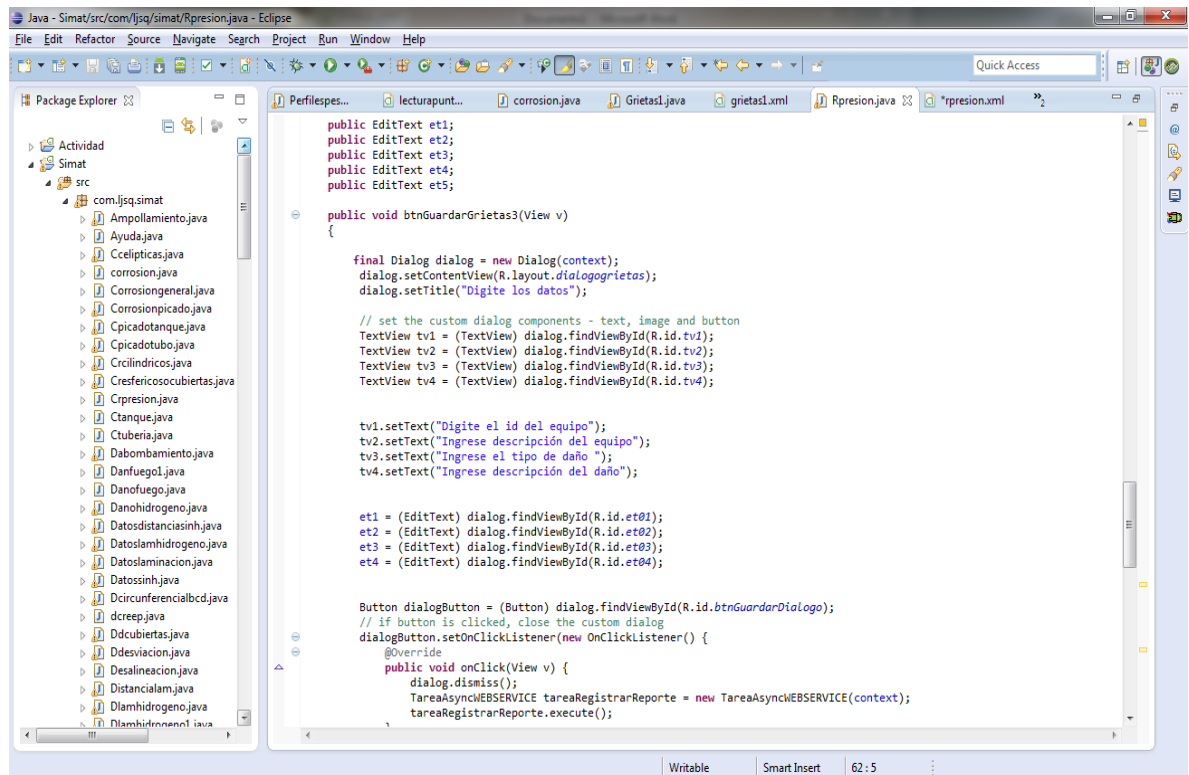
Fuente: Autor

Se definen una variables públicas que almacenaran los datos que ingrese el usuario tales como id del equipo, descripción del equipo, tipo de daño, descripción del daño así como el resultado de la evaluación que se el realizo al equipo, estas variables se usan en la función btnGuardarGrietas3 y que es invocada al click del botón guardar.

Esta función crea un dialog con el valor de la variable context que definimos al principio, a continuación e n el dialog se muestra el contenido de un .xml llamado dialogogrietas, donde primero se toman y se relacionan los id tv1,tv2,tv3 y tv4, con las respectivas variables que se definieron al principio de esta función, luego con tv1.setText, se define el valor, que se visualiza en el textview con id tv1 de dialogogrietas.

Después se relaciona la id del botón que contiene el cuadro de dialogo, para que al click cierre el dialog y llame otra función onClick que crea una nueva tarea al web Service con el contenido de la variable context.

## Ilustración 19. Función Handler



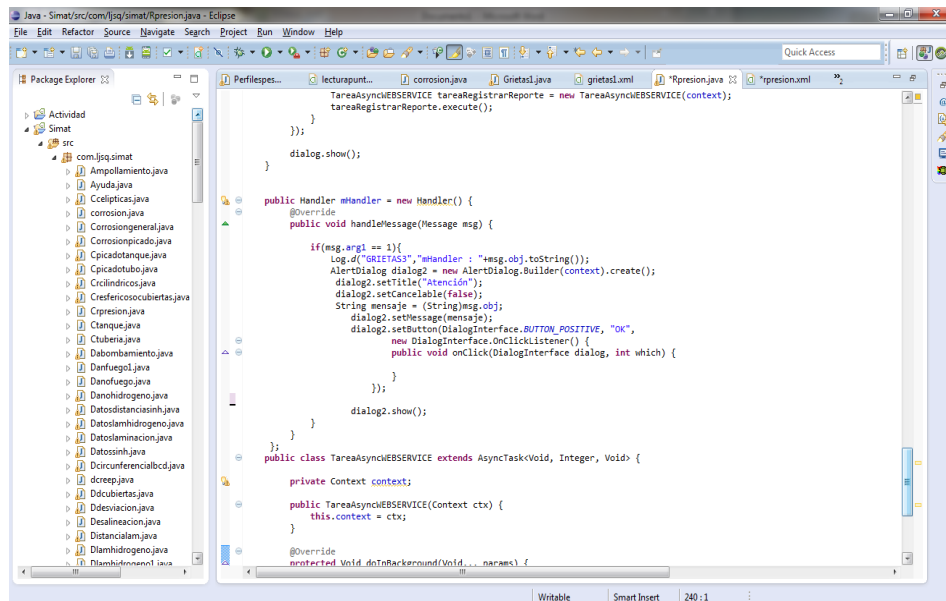
Fuente: Autor

Handler permite enviar y procesar mensajes y objetos ejecutables asociados con un hilo de MessageQueue . Cada instancia del controlador se asocia con un solo hilo y cola de mensajes del subproceso.

A continuación se muestra como la función handler al ejecutarse permite poner en cola un mensaje tomado del dialog, objeto que contiene un conjunto de datos que será procesada por el controlador handleMessage (Mensaje) método (que requiere que se implementa una subclase de controlador).

Vemos también la declaración del botón y su listener, que al click vuelve a ejecutar la interfaz del dialog.

## Ilustración 20. Conexión con el web service



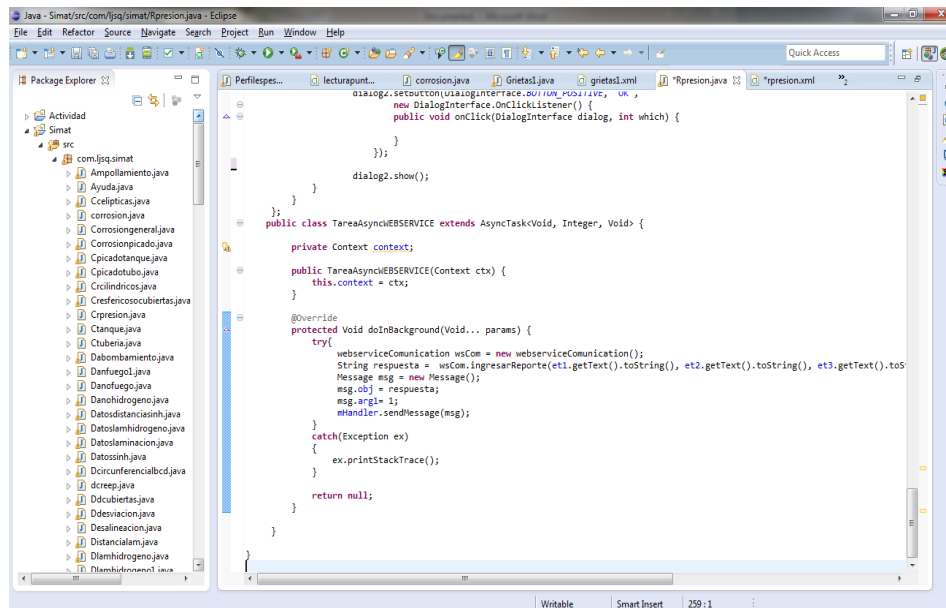
```
    TareaAsyncEBSERVICE tareaRegistrarReporte = new TareaAsyncEBSERVICE(context);
    tareaRegistrarReporte.execute();
}
}
dialog.show();
}

public Handler mHandler = new Handler() {
    @Override
    public void handleMessage(Message msg) {
        if(msg.arg1 == 1){
            Log.d("GREETAS3", "Handler : "+msg.obj.toString());
            AlertDialog dialog2 = new AlertDialog.Builder(context).create();
            dialog2.setTitle("Atención");
            dialog2.setCancelable(false);
            String mensaje = (String)msg.obj;
            dialog2.setMessage(mensaje);
            dialog2.setButton(DialogInterface.BUTTON_POSITIVE, "OK",
                new DialogInterface.OnClickListener() {
                    public void onClick(DialogInterface dialog, int which) {
                        //
                    }
                });
            dialog2.show();
        }
    }
};

public class TareaAsyncEBSERVICE extends AsyncTask<Void, Integer, Void> {
    private Context context;

    public TareaAsyncEBSERVICE(Context ctx) {
        this.context = ctx;
    }

    @Override
    protected void doInBackground(Void... params) {
```



```
        dialog2.setButton(DialogInterface.BUTTON_POSITIVE, "OK",
            new DialogInterface.OnClickListener() {
                public void onClick(DialogInterface dialog, int which) {
                    //
                }
            });
        dialog2.show();
    }
};

public class TareaAsyncEBSERVICE extends AsyncTask<Void, Integer, Void> {
    private Context context;

    public TareaAsyncEBSERVICE(Context ctx) {
        this.context = ctx;
    }

    @Override
    protected void doInBackground(Void... params) {
        try{
            webserviceCommunication wsCom = new webserviceCommunication();
            String respuesta = wsCom.IngresarReporte(et1.getText().toString(), et2.getText().toString(), et3.getText().toString());
            Message msg = new Message();
            msg.obj = respuesta;
            msg.arg1 = 1;
            mHandler.sendMessage(msg);
        }
        catch (Exception ex)
        {
            ex.printStackTrace();
        }
        return null;
    }
}
```

Fuente: Autor

## **WebserviceCommunication.java**

SOAP es uno de los protocolos para comunicación de datos más usados auspiciado por la W3C, existiendo multitud de servicios web implementados bajo esta tecnología. Partiendo de esta situación es importante tener unos conocimientos de partida que nos permita enfrentarnos al uso de los mismos en los proyectos que emprendamos. A continuación os guiaremos en el uso de ksoap2-android, el fork de la famosa kSOAP2 library adaptado para su uso en Android.

Una vez creado nuestro proyecto Android deberemos bajarnos la librería en cuestión e incluirla en nuestro buildpath:

```
Import org.ksoap2.SoapEnvelope;
```

Luego para acceder y consumir el web service se necesitara una serie de variables que usaremos en los posteriores métodos.

Método que queremos usar en el servicio web:

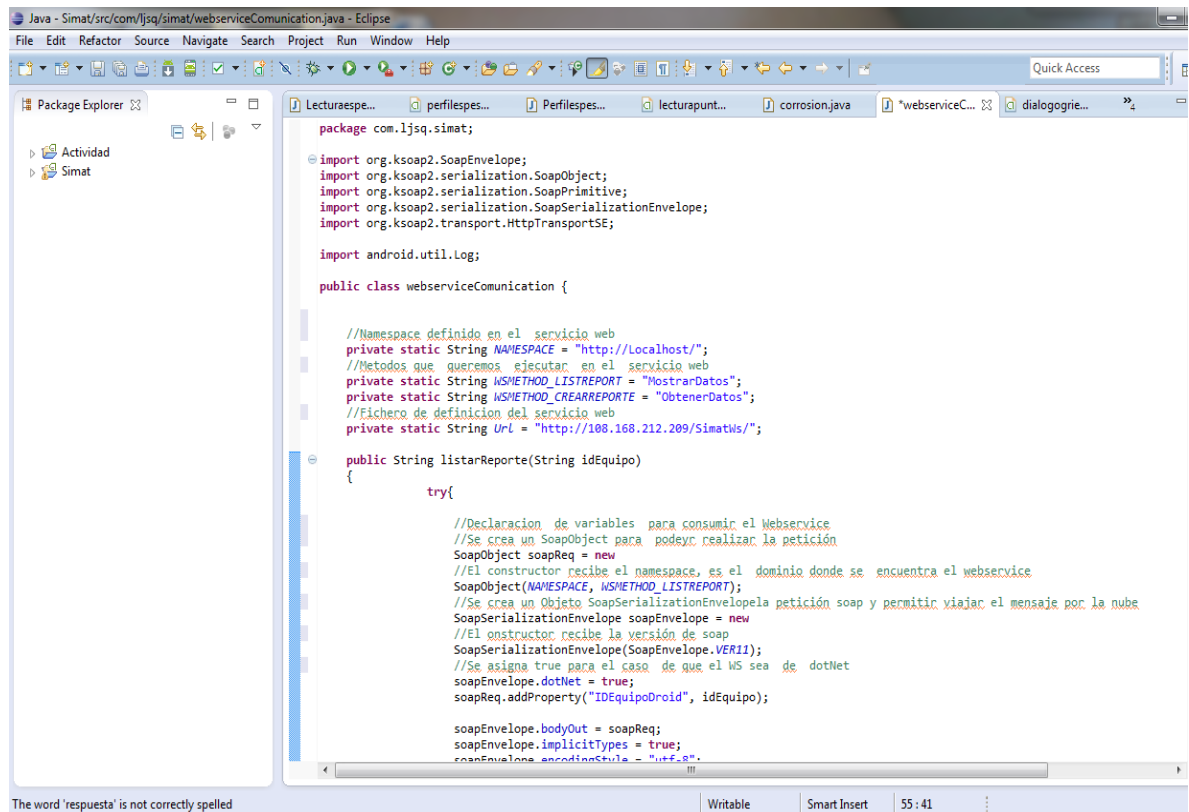
```
Private static String WSMETHOD_LISTREPORT="MostrarDatos"
```

```
Private static String WSMETHOD_CREARREPORTE="ObtenerDatos"
```

Una vez tenemos claros estos parámetros necesarios para las peticiones pasamos al siguiente paso. El protocolo SOAP se basa en cinco pasos básicamente, definir la petición (request), configurar un sobre (envelope "soapEnvelope") (define que hay en el mensaje y como procesarlo), definir el canal de transporte, hacer la llamada y recoger los datos, con `soapReq.addProperty("IDEquipodroid", idEquipo)`, pasamos los parámetros al ws, donde `IDEquipodroid`, es el parámetro y `idEquipo` es el valor.

A continuación se muestra el fragmento de código llamado try de la función listarReporte, donde realizaran estos pasos y que incluirían en aquel sitio donde deseáramos realizar la petición:

## Ilustración 21. Detención de Errores



```
package com.ljsq.simat;

import org.ksoap2.SoapEnvelope;
import org.ksoap2.serialization.SoapObject;
import org.ksoap2.serialization.SoapPrimitive;
import org.ksoap2.serialization.SoapSerializationEnvelope;
import org.ksoap2.transport.HttpTransportSE;

import android.util.Log;

public class webserviceCommunication {

    //Namespace definido en el servicio web
    private static String NAMESPACE = "http://localhost/";
    //Metodos que queremos ejecutar en el servicio web
    private static String NSMETHOD_LISTREPORT = "MostrarDatos";
    private static String NSMETHOD_CREARREPORT = "ObtenerDatos";
    //Eichero de definicion del servicio web
    private static String Url = "http://108.168.212.209/SimatWs/";

    public String listarReporte(String idEquipo)
    {
        try{
            //Declaración de variables para consumir el Webservice
            //Se crea un SoapObject para poder realizar la petición
            SoapObject soapReq = new
            //El constructor recibe el namespace, es el dominio donde se encuentra el webservice
            SoapObject(NAMESPACE, NSMETHOD_LISTREPORT);
            //Se crea un Objeto SoapSerializationEnvelope la petición soap y permitir viajar el mensaje por la nube
            SoapSerializationEnvelope soapEnvelope = new
            //El constructor recibe la versión de soap
            SoapSerializationEnvelope(SoapEnvelope.VERSION1);
            //Se asigna true para el caso de que el WS sea de dotNet
            soapEnvelope.dotNet = true;
            soapReq.addProperty("IDEquipoDroid", idEquipo);

            soapEnvelope.bodyOut = soapReq;
            soapEnvelope.implicitTypes = true;
            soapEnvelope.encodingStyle = "utf-8";
```

Fuente: Autor

Con catch(Exception e) en caso de existir una excepción, errores que se suceden en tiempo de ejecución retornando la cadena, nos retorna como respuesta lo que esta sucediendo internamente un diagnóstico de una excepción. Te dice lo que ocurrió y en qué parte del código que sucedió esto.

A continuación vemos la función ingresar Reporte, donde con soapReq.addProperty("IDEquipodroid", idEquipo) y demás pasamos los parámetros al ws, que se necesitaran para esta clase.

## Ilustración 22. Función Catch

```
Java - Simat/src/com/ljsq/simat/webserviceCommunication.java - Eclipse
File Edit Refactor Source Navigate Search Project Run Window Help
Quick Access

Package Explorer
  Actividad
  Simat

Lecturaespe...  perfilespe...  Perfilespe...  lecturapunt...  corrosion.java  *webserviceC...  dialogogie...

soapEnvelope.dotNet = true;
soapReq.addProperty("IDEquipoDroid", idEquipo);

soapEnvelope.bodyOut = soapReq;
soapEnvelope.implicitTypes = true;
soapEnvelope.encodingStyle = "utf-8";
soapEnvelope.encodingStyle =
SoapSerializationEnvelope.XSD;
//Se envuelve la peticion soap
soapEnvelope.setOutputSoapObject(soapReq);
//Objeto que representa el modelo del transporte, recibe la url del transporte
HttpTransportSE aht = new HttpTransportSE(url);
aht.debug = true;
//hace la llamada al ws
aht.call("http://localhost/" + NSMETHOD_LISTREPORT, soapEnvelope);
//Se crea un objeto soapPrimitive y se obtiene la respuesta de la peticion
SoapPrimitive respuesta = (SoapPrimitive)soapEnvelope.getResponse();

Log.i("SIMAT WS", "Respuesta ws ListarReporte: "+respuesta.toString());
//retorna el string respuesta
return respuesta.toString();

}catch(Exception e)
{
    e.printStackTrace();
    return null;
}

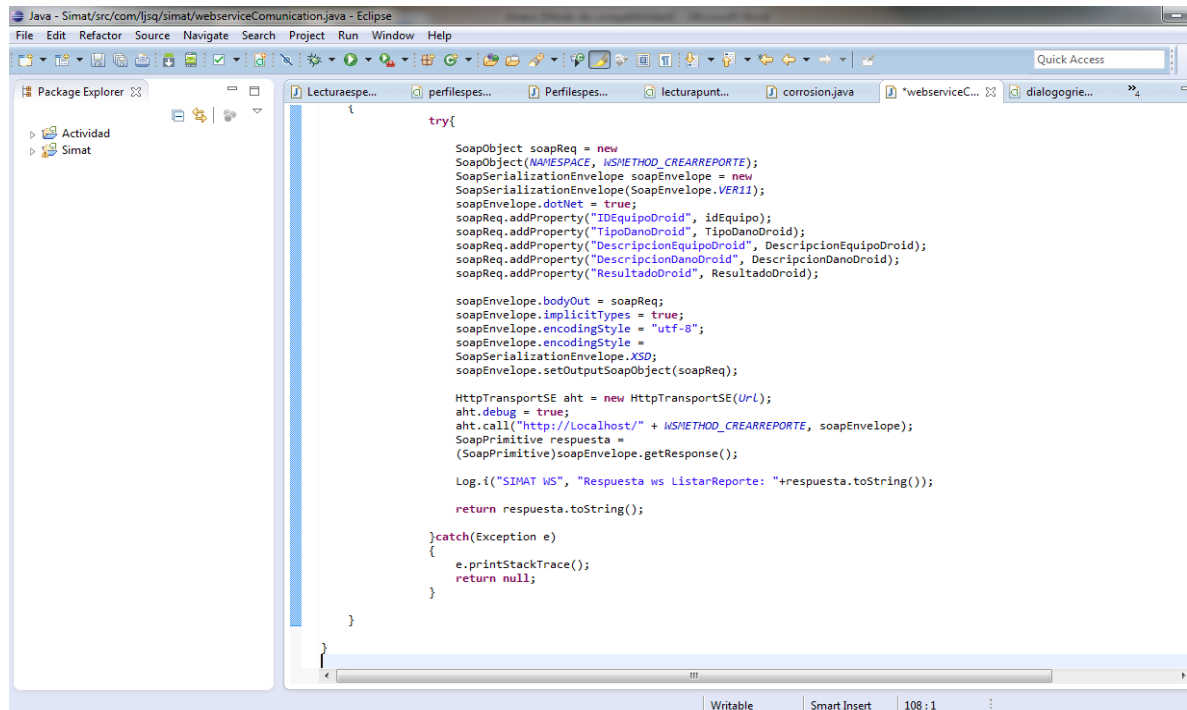
}

public String ingresarReporte(String idEquipo,String TipoDanoDroid,String DescripcionEquipoDroid,String DescripcionDanoDroid,
{
    try{

        SoapObject soapReq = new
        SoapObject(NAMESPACE, NSMETHOD_CREARREPORT);
        SoapSerializationEnvelope soapEnvelope = new
        SoapSerializationEnvelope(SoapEnvelope.VERSION);
        soapEnvelope.dotNet = true;
        soapReq.addProperty("IDEquipoDroid", idEquipo);
```

Fuente: Autor

## Ilustración 23. Datos del Equipo



```
try{
    SoapObject soapReq = new
    SoapObject(NAMESPACE, WSMETHOD_CREARREPORTE);
    SoapSerializationEnvelope soapEnvelope = new
    SoapSerializationEnvelope(SoapEnvelope.VERSION);
    soapEnvelope.dotNet = true;
    soapReq.addProperty("IDEquipoDroid", idEquipo);
    soapReq.addProperty("TipoDanoDroid", TipoDanoDroid);
    soapReq.addProperty("DescripcionEquipoDroid", DescripcionEquipoDroid);
    soapReq.addProperty("DescripcionDanoDroid", DescripcionDanoDroid);
    soapReq.addProperty("ResultadoDroid", ResultadoDroid);

    soapEnvelope.bodyOut = soapReq;
    soapEnvelope.implicitTypes = true;
    soapEnvelope.encodingStyle = "utf-8";
    soapEnvelope.encodingStyle =
    SoapSerializationEnvelope.XSD;
    soapEnvelope.setOutputSoapObject(soapReq);

    HttpTransportSE aht = new HttpTransportSE(URL);
    aht.debug = true;
    aht.call("http://localhost/" + WSMETHOD_CREARREPORTE, soapEnvelope);
    SoapPrimitive respuesta =
    (SoapPrimitive)soapEnvelope.getResponse();

    Log.i("SIMAT WS", "Respuesta ws ListarReporte: "+respuesta.toString());

    return respuesta.toString();
} catch (Exception e)
{
    e.printStackTrace();
    return null;
}
```

Fuente: Autor

## AndroidManifest.xml

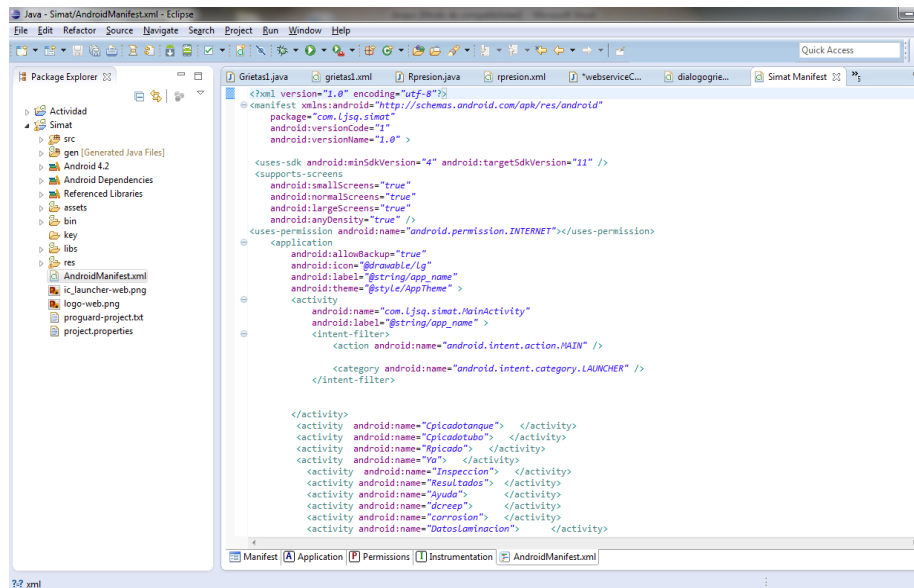
Es un archivo de configuración donde podemos aplicar las configuraciones básicas de nuestra app. Su configuración puede realizarse a través de una interfaz gráfica, pero es recomendable conocer la sintaxis ya que en muchas ocasiones será más fácil y rápido hacerlo desde el propio xml. El android manifest está situado en la raíz de cada aplicación.

El número de versiones debe irse modificando en el android manifest con cada versión "publicada", aquí también deben definirse los permisos de internet.

Icono de la aplicación que aparecerá posteriormente al instalarse en los menús y nombre de la misma almacenador en el archivo de strings. <application android:icon="@drawable/icon" android:label="@string/app\_name">

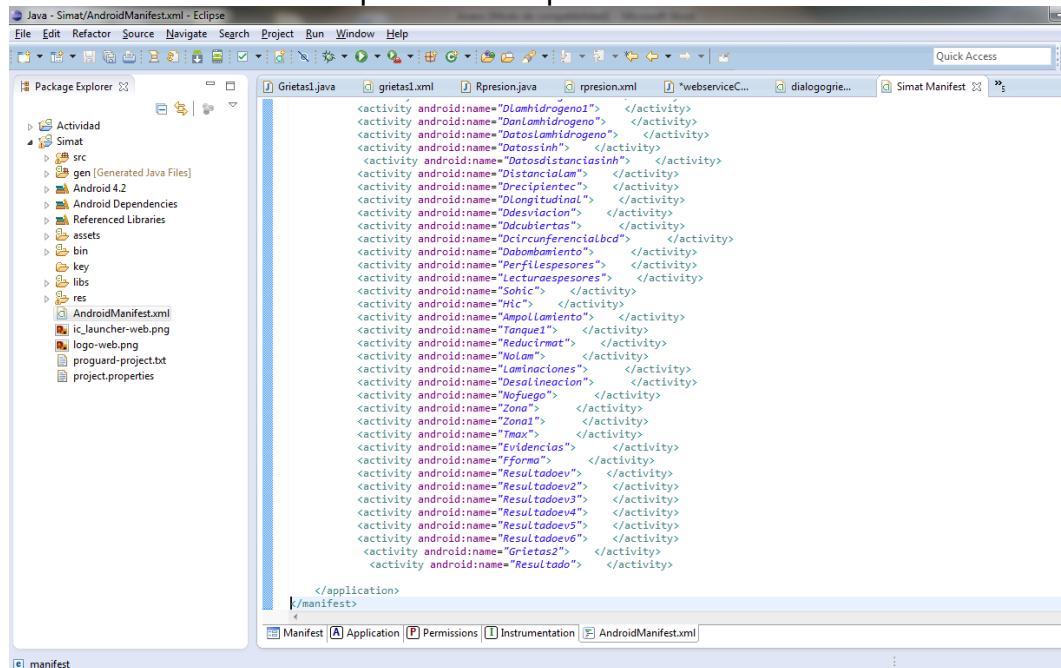
Todas y cada una de las actividades de la app deben ser declaradas en esta sección, sino no funcionarán. La actividad inicial de la aplicación debe ser declarada de tipo "LAUNCHER", como se muestra a continuación, posteriormente se

### Ilustración 24. Launcher



Fuente: Autor

### Ilustración 25. Campos De la Inspección



Fuente: Autor

En tables damos click, luego nos ubicamos en la parte de Actions y seleccionamos la opción View Contens. (Se despliega las inspecciones realizadas, con los campos que requieren ser llenados para guardar cada inspección, cada vez que se elimine o se guarde una inspección debe aparecer en este registro Histórico las modificaciones