

UNIVERSIDAD DE ORIENTE
NÚCLEO ANZOÁTEGUI
ESCUELA DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS
DEPARTAMENTO DE MECÁNICA



**“CALIFICACIÓN DEL PROCESO DE SOLDADURA POR RESISTENCIA
ELÉCTRICA DE UNA LÍNEA DE ENSAMBLAJE DE LA PLANTA TOYOTA
DE VENEZUELA”**

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO PRESENTADO ANTE LA UNIVERSIDAD
DE ORIENTE COMO REQUISITO PARCIAL PARA OPTAR AL TÍTULO DE:

INGENIERO MECÁNICO

REALIZADO POR:
NIURKA ELIZABETH PEINADO BASTARDO

Puerto La Cruz, Febrero de 2010.

UNIVERSIDAD DE ORIENTE
NÚCLEO ANZOÁTEGUI
ESCUELA DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS
DEPARTAMENTO DE MECÁNICA



**“CALIFICACIÓN DEL PROCESO DE SOLDADURA POR RESISTENCIA
ELÉCTRICA DE UNA LÍNEA DE ENSAMBLAJE DE LA PLANTA TOYOTA
DE VENEZUELA”**

ASESORES:

Prof. RÓMULO NOTTARO
Asesor Académico

Ing. ELYS GÓMEZ
Asesor Industrial

Puerto La Cruz, Febrero de 2010.

UNIVERSIDAD DE ORIENTE
NÚCLEO ANZOÁTEGUI
ESCUELA DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS
DEPARTAMENTO DE MECÁNICA



**“CALIFICACIÓN DEL PROCESO DE SOLDADURA POR RESISTENCIA
ELÉCTRICA DE UNA LÍNEA DE ENSAMBLAJE DE LA PLANTA TOYOTA
DE VENEZUELA”**

El jurado hace constar que asignó a esta tesis la calificación de:

Aprobado

Prof. Rómulo Nottaro
Asesor Académico

Prof. Luís Martínez
Jurado Principal

Prof. Félix Payares
Jurado Principal

Puerto La Cruz, Febrero de 2010.

RESOLUCIÓN

De acuerdo al artículo 41 del reglamento de trabajo de grado:

“Los trabajos de grado son exclusiva propiedad de la Universidad de Oriente y solo podrán ser utilizados a otros fines, con el consentimiento del Consejo de Núcleo quien lo participará al Consejo Universitario”

DEDICATORIA

A Dios a la virgen y todos los santos por estar presentes en cada momento de mi vida, por no desampararme en los tiempos difíciles y ayudarme alcanzar ésta meta.

A mis padres y hermanas, sin su apoyo no lo hubiese logrado.

Niurka Peinado Bastardo.

AGRADECIMIENTOS

Primero y antes que nada, dar gracias a **Dios**, por estar conmigo en cada paso que doy, por fortalecer mi corazón e iluminar mi mente y por haber puesto en mí camino aquellas personas que han sido mi soporte y compañía durante todo el periodo de estudio.

No hubiese sido posible sin la cooperación desinteresada de todas y cada una de las personas que dedicaron un poco de su valioso tiempo para ayudarme en el desarrollo del proyecto, Anthony Hernández, Ricardo Fossi, Loreto, Gabriel Rondón, Audilio Suarez, Julio Salazar, Elys Gómez e inspectores. Muchos de las cuales han sido un soporte muy fuerte en momentos de angustia y desesperación.

A mis padres por enseñarme a seguir siempre adelante y brindarme todo su apoyo.

Una persona muy especial, Duvelys Cordero por su grandiosa ayuda y colaboración, para culminar mi carrera.

Mis hermanas Rocelis, Elianny que siempre estuvieron ahí conmigo dándome apoyo, Luis Miguel, Tahosmín y Elena por ayudarme en todo momento.

Durante mi estancia en la empresa, he disfrutado de la compañía de amigos que no quiero olvidar en este momento Mercedes Díaz, Staling Rodríguez y Alex Pérez, con los que he compartido buenos momentos, que merecen sin duda este recordatorio, les agradezco la estima que siempre he recibido.

Al profesor Rómulo Nottaro, por brindarme su apoyo y dedicación.

A mis compañeros de clase que compartimos tantos momentos: Andreina Barrios, Angela Morales, Mirna Montero, Manuel López, Adriana Guevara, Patricia Santos, Carmen García, Carlos Rodríguez, Verónica Gómez, Frank López, José Agustín, Aldemar, agustín, Mauricio, Eleazar y a todos aquellos que de alguna manera estuvieron presentes.

En general quisiera agradecer a todas y cada una de las personas que han vivido conmigo la realización de esta tesis, con sus altos y bajos y que no necesito nombrar porque tanto ellos como yo, sabemos que desde lo más profundo de mi corazón les agradezco el haberme brindado todo el apoyo, colaboración, ánimo y sobre todo cariño y amistad.

Y a todas aquellas personas que de una u otra forma, colaboraron o participaron en la realización de esta investigación, hago extensivo mi más sincero agradecimiento.

A la empresa Toyota de Venezuela por haberme permitido realizar la pasantía en sus instalaciones. Gracias

Niurka Peinado Bastardo.

RESUMEN

En el presente trabajo se realizó una calificación de procedimiento de soldadura por resistencia eléctrica basados en el código ASME sección IX, en donde se involucra una serie de factores como: juntas, metal base, técnica, las cuales son consideradas variables esenciales para el cumplimiento de las exigencias del código; la especificación del procedimiento de soldadura por resistencia eléctrica (EPS) fue utilizada para documentar todos los elementos, variables y factores que se encuentran relacionados con la soldadura. Seguidamente se realizó una evaluación de la calidad del procedimiento de soldadura por resistencia eléctrica del ensamble de los vehículos, mediante varias formas. Primero para estudiar las propiedades mecánicas, fue necesario una muestra de soldadura del mismo tipo que se emplea en la línea de electropunto, posteriormente se elaboraron cupones de pruebas que fueron sometidas a pruebas de macrografía y de adherencia. Una vez obtenidos los resultados fueron comparados con las especificaciones de la empresa, obteniendo resultados satisfactorios cumpliendo con los requisitos exigidos por la empresa Toyota de Venezuela. Por otra parte, se elaboró un manual donde se inspecciona la calidad de la soldadura a través de procedimientos establecidos para llevar una secuencia lógica de inspección, así como los pasos a seguir para solucionar problemas que se puedan presentar dentro del proceso de ensamble, evitando los retrabajos, costos innecesarios y asegurando la calidad de la soldadura realizada.

CONTENIDO

RESOLUCIÓN	iv
DEDICATORIA	v
AGRADECIMIENTOS	vi
RESUMEN	viii
CONTENIDO	ix
LISTA DE FIGURAS	xiii
LISTA DE TABLAS	xiv
CAPÍTULO I: EL PROBLEMA	15
1.1. TOYOTA DE VENEZUELA C.A.....	15
1.1.1. Reseña histórica.....	15
1.1.2. Ubicación geográfica.....	16
1.1.3. Misión, visión de la empresa.....	17
1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	17
1.3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	18
1.3.1. Objetivo General.....	18
1.3.2. Objetivos Específicos.....	18
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	20
3.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN.....	20
3.2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS.....	21
2.2.1. Soldadura.....	21
2.2.1.1. Principio de funcionamiento de la soldadura por resistencia.....	22
2.2.1.2. Tipos de Soldadura por Resistencia Eléctrica.....	24

2.2.1.3. Ventajas de la Soldadura por Resistencia Eléctrica.....	29
2.2.1.4. Desventajas de la Soldadura por Resistencia Eléctrica.....	29
2.2.1.5. Ciclos de la Soldadura	29
2.2.1.6. Pistolas de Electropunto.....	30
2.2.1.7. Seguridad de la soldadura por resistencia.....	31
2.2.2. Conformadores	32
2.2.3. Matriz	33
2.2.4. Especificación	33
2.2.5. Estándar.....	33
2.2.6. Especificación del procedimiento de soldadura (EPS)	34
2.2.6.1. Variable esencial de procedimiento	36
2.2.6.2. Variable esencial suplementaria	36
2.2.6.3. Variable no esencial de procedimiento	36
2.2.7. Calificación de procedimiento de soldadura	40
2.2.8. Reporte de calificación de procedimiento (RCP).....	40
2.2.9. Discontinuidades estructurales de la soldadura.....	41
2.2.9.1. Grieta.....	42
2.2.9.2. Falta de fusión.....	42
2.2.9.3. Falta de penetración	42
2.2.9.4. Solapado.....	42
2.2.9.5. Punto quemado.....	43
2.2.9.6. Puntos pequeños.....	43
2.2.9.7. Fenómeno pick-up	43
2.2.10. Manual de calidad, procedimientos y documentación operativa	43
2.2.11. Métodos a seguir para supervisar la calidad de la soldadura en el proceso de ensamblaje.....	44
2.2.11.1. Ruteo interno.....	44
2.2.11.2. Inspección	44
2.2.11.3. Auditoria	44

2.2.12. Trabajo estandarizado	45
2.2.12.1.Pautas que establece el trabajo estandarizado.....	45
CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO	47
3.1. POBLACIÓN Y MUESTRA.....	47
3.2. TÉCNICAS PARA RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN.....	47
3.3. ETAPAS DE LA INVESTIGACIÓN.....	48
3.3.1. Revisión bibliográfica	48
3.3.2. Descripción del proceso de soldadura por resistencia eléctrica en la línea de ensamblaje automotriz	48
3.3.3. Identificación de las variables esenciales y no esenciales indispensables para la elaboración de la calificación del proceso de soldadura por electropunto.....	49
3.3.4. Elaboración de pruebas que garantizan el nivel de la calidad de la soldadura por electropunto según las normas de Toyota de Venezuela.....	50
3.3.4.1. Selección de la muestra del proceso de soldadura	50
3.3.4.2. Pruebas mecánicas	50
3.3.4.3. Análisis de Macrografía.....	51
3.3.4.4. Prueba de adherencia de la soldadura	53
3.3.5. Especificación y calificación de la soldadura por electropunto	54
3.3.6. Manual de procedimientos de inspección de la calidad de soldadura por electropunto.....	54
3.3.7. Redacción del trabajo de grado	55
CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	56
4.1. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE SOLDADURA POR RESISTENCIA ELÉCTRICA EN LA LÍNEA DE ENSAMBLAJE AUTOMOTRIZ	56

4.2. VARIABLES ESENCIALES Y NO ESENCIALES PARA LA ELABORACIÓN DE LA CALIFICACIÓN DEL PROCESO DE SOLDADURA POR ELECTROPUNTO.....	59
4.2.1. Variables esenciales	59
4.2.2. Variables no esenciales	62
4.3. PRUEBAS QUE GARANTIZAN EL NIVEL DE CALIDAD DE LA SOLDADURA POR ELECTROPUNTO, SEGÚN LAS NORMAS DE TOYOTA DE VENEZUELA	62
4.4. ESPECIFICACIÓN Y CALIFICACIÓN DEL PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA POR ELECTROPUNTO.....	65
4.5. MANUAL DE PROCEDIMIENTOS DE INSPECCIÓN DE LA CALIDAD DE LA SOLDADURA POR ELECTROPUNTO	66
CONCLUSIONES.....	68
RECOMENDACIONES.....	69
BIBLIOGRAFIA.....	70
APÉNDICE.....	72
APÉNDICE A: Manual de procedimientos de inspección de la calidad de soldadura por electropunto.....	72
APÉNDICE B: Propiedades del metal base utilizado para el ensamblaje de los vehículos por Toyota de Venezuela.....	100
APÉNDICE C: Ejemplo de cálculos.....	100
METADATOS.....	102

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1.1. UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE TOYOTA DE VENEZUELA C.A.....	16
FIGURA 2.1. SOLDADURA POR PUNTO	25
FIGURA 2.2. TAMAÑO Y CONTORNO DE LOS ELECTRODOS	26
FIGURA 2.3. SOLDADURA POR PROYECCIÓN	28
FIGURA 2.4. SOLDADURA POR COSTURA.....	28
FIGURA 2.5. PISTOLA DE SOLDADURA TIPO X (AX-204013).....	31
FIGURA 3.1. CORTE TRANSVERSAL DE LA SOLDADURA.....	51
FIGURA 3.2. VISTA TRANSVERSAL DEL CUPÓN DE PRUEBA DE LA SOLDADURA.	53
FIGURA 4.1. VISTAS TRANSVERSALES DE LA PENETRACIÓN DE LA SOLDADURA	63
FIGURA 4.2. VISTAS DE LOS CUPONES DE SOLDADURA DESPUÉS DE LA PRUEBA DE ADHERENCIA	64

LISTA DE TABLAS

TABLA 2.1 MATERIALES BASE AGRUPADOS SEGÚN CÓDIGO ASME, PARA DIFERENTES ALEACIONES	38
TABLA 4.1. TIEMPOS MEDIDOS DENTRO DEL PROCESO DE SOLDADURA	58
TABLA 4.2. VARIABLES ESENCIALES DEL PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA POR RESISTENCIA ELÉCTRICA	59
TABLA 4.3. CONDICIONES ESTÁNDAR DE SOLDADURA A 60 HZ PARA ACEROS AL CARBONO Y DIFERENTES DIÁMETROS	61
TABLA 4.4. VARIABLES NO ESENCIALES DEL PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA POR RESISTENCIA ELÉCTRICA	62
TABLA 4.5. PORCENTAJES DE PENETRACIÓN DE LAS PEPITAS DE SOLDADURA	62
TABLA 4.6. RESULTADOS DE LA PRUEBA DE ADHERENCIA DE LOS PUNTOS DE SOLDADURA EN LOS CUPONES DE PRUEBA ...	63
TABLA 4.7. RESULTADOS DE LOS DIÁMETROS MEDIDOS A LAS PEPITAS DE SOLDADURA	64

CAPÍTULO I: EL PROBLEMA

1.1. TOYOTA DE VENEZUELA C.A

1.1.1. Reseña histórica

La marca TOYOTA se introduce en el mercado automotor Venezolano a través de los hermanos Bilbao, de origen Cubano, quienes establecen conversaciones con Toyota Motor Corporation para iniciar distribuciones de vehículos en Venezuela.

El primero de Noviembre de 1989, Toyota Motor Corporation hace un nuevo aumento del capital de la empresa, el cual era requerido para evitar la quiebra de TOCARS y pasa a ser dueña del noventa por ciento (90%) de su capital convirtiéndose en el accionista mayoritario, evitando así el cierre de la Planta de Cumana. En noviembre de 1992 la empresa cambia su denominación cuando es dividida la empresa TOCARS para formar el Grupo TOYOTA DE VENEZUELA, conformada por cuatro empresas con diferentes actividades económicas, estableciendo la ciudad de Cumana como su sede principal.

En el año 1997, se introduce una nueva línea de producción, la cual es denominada línea final de ensamblaje Land Cruiser logrando así separar las actividades del ensamblaje final de las unidades, el cual se realizaba en una sola línea (para el Corolla y el Land Cruiser), dando así mayor respuestas a la producción y a la calidad de los vehículos. Se introduce el sistema de prueba de funcionamiento y rendimiento para los vehículos ensamblados (Drum Tester), eliminando con esto el tener que sacar los vehículos a la calle para ser revisados por parte de los auditores de calidad, para verificar su funcionamiento y condiciones generales del vehículo.

En el año 2001 lanza al mercado el modelo Terios (carro familiar). En el año 2002 y 2003 se trabajó arduamente en la instalación de los nuevos procesos de soldadura, capacitación del personal a través de cursos en Japón, Brasil y Argentina, para los nuevos modelos IMV, el cual se lanzó al mercado en el año 2005.

Toyota de Venezuela se dedica a la producción, importación y comercialización de vehículos rústicos, comerciales y de pasajeros, así como de sus repuestos y su servicio, para ello se apoya en una red de concesionarios autorizados independientemente, distribuidos en las principales ciudades del País, con una producción diaria de 160 unidades aproximadamente.

1.1.2. Ubicación geográfica

Toyota de Venezuela C.A., Planta Cumaná es una empresa ensambladora de vehículos, geográficamente está ubicada en la ciudad de Cumaná- Estado Sucre (ver Fig. 1.1) en un área denominada Zona Industrial el Peñón, específicamente a la entrada del aeropuerto local.

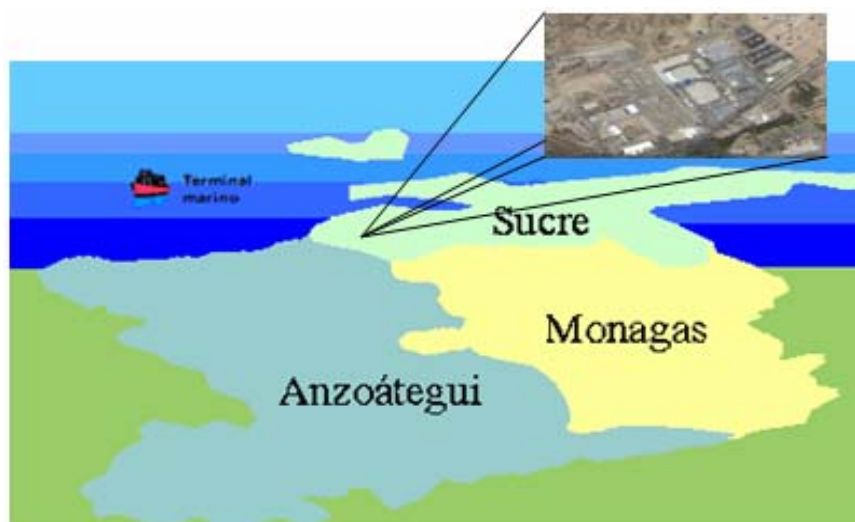


Figura 1.1 Ubicación geográfica de Toyota de Venezuela C.A.

1.1.3. Misión, visión de la empresa

Misión

La misión de la empresa es la de ensamblar, producir y distribuir vehículos de primera calidad, utilizando círculos de mejoramiento continuo, para así poder penetrar y mantenerse en el mercado nacional e internacional.

Visión

Ser la empresa líder en el mercado nacional, destacándose por la seguridad y calidad de sus productos. Enfocada al servicio, por lo que innovamos constantemente para exceder los estándares establecidos. La visión es a largo plazo, ya que la relación con los clientes no termina con la venta de un automóvil, justamente en ese momento es cuando empieza.

La Gerencia del Departamento de Control de Calidad, requiere contar de todos los elementos como: especificación, calificación, procedimientos y criterios de evaluación, inherentes a la inspección de la calidad de la soldadura dada en las unidades correspondientes a las áreas de soldadura por electropunto de Toyota de Venezuela C.A.

1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Toyota de Venezuela C.A., Planta Cumaná en sus instalaciones lleva a cabo el ensamble de carrocerías a través de un proceso de soldadura por electropunto para modelos como Corolla, Terios e IMV.

La empresa cuando realiza el proceso de soldadura se rige por ciertos parámetros establecidos por los empleados y su experiencia para realizar la soldadura, dichos parámetros no se encuentran debidamente documentado; la información es

transmitida entre operadores y por vía verbal. Lo que conlleva a que si un operador se retira se lleva la información con él y los nuevos operadores deben empezar de cero, originando múltiples defectos en la realización de la soldadura.

Se realizará una Especificación de Procedimiento de Soldadura (E.P.S) para documentar los procedimientos, materiales, parámetros y técnicas aplicadas en el proceso, que garanticen un nivel de calidad constante, que mejoren las condiciones de capacitación y operación de los operadores de planta, y en general disminuir los defectos en el proceso de ensamble de los vehículos Toyota de Venezuela. A través del estudio documentado de las normas del código ASME sección IX y las normas de calidad de Toyota, para determinar las variables esenciales y no esenciales y procedimientos en el proceso de soldadura por resistencia eléctrica.

Una vez establecidas las variables y procedimientos realizaremos soldaduras en cupones de prueba que serán sometidos a ensayos destructivos y no destructivos, de ser satisfactorios la calidad de este procedimiento quedara certificada, de no ser así se ajustaran parámetros, variables y procedimientos hasta que la calidad de los resultados sean satisfactorios.

1.3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.3.1. Objetivo General

Calificar el proceso de soldadura por resistencia eléctrica de una línea de ensamblaje de la planta automotriz.

1.3.2. Objetivos Específicos

1. Describir el proceso de soldadura por resistencia eléctrica en la línea de

ensamblaje automotriz.

2. Identificar las variables esenciales y no esenciales para la elaboración de la calificación del proceso de soldadura por electropunto.
3. Elaborar pruebas que garanticen el nivel de calidad de la soldadura por electropunto, según las normas de Toyota de Venezuela.
4. Realizar una especificación y calificación de la soldadura por electropunto.
5. Elaborar un manual de procedimientos de inspección de la calidad de la soldadura por electropunto.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

3.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

Se presenta un breve resumen de las investigaciones realizadas que sirvieron de base, por su contenido o metodología, para el desarrollo del trabajo de grado.

Renault Alberto, estudió las propiedades mecánicas de la soldadura, por lo que fue necesario conocer los principales parámetros de la soldadura por electropunto. Se elaboraron probetas que fueron sometidas a diversos ensayos mecánicos, entre ellos tenemos: metalografía, macrografía, dureza, tracción, adherencia. Una vez obtenidos los resultados se verificaron con la especificación de soldadura por electropunto de M.M.C. Realizó un análisis de modo y efectos de fallas potenciales (AMEF's de proceso) con la finalidad de encontrar los posibles modos de fallas existentes en éste; permitiendo establecer tareas de mantenimiento en aquellas áreas que generan un mayor impacto económico^[1].

Cova Wilmer, basó su investigación en los lineamientos establecidos por el código ASME para calderas y recipientes a presión, el cual permite elaborar soldaduras de buena calidad. Partiendo de esto seleccionó los parámetros de soldadura empleados en las probetas de prueba, considerando la posición, el tipo de junta, los procesos de soldadura disponibles en la empresa donde se realizó el estudio de las propiedades físicas y mecánicas de las aleaciones a unir. Las probetas fueron ensayadas y evaluadas de acuerdo a los lineamientos del código arriba indicado, mediante inspección visual y macroexaminación de las secciones transversales de dichas probetas. Los resultados obtenidos fueron satisfactorios y cumplieron con los requisitos exigidos por el código ASME sección IX para la calificación del proceso de soldadura^[2].

Medina Diana, calificó dos nuevos procedimientos de soldaduras de juntas disímiles, que involucraron una serie de factores como: especificaciones, procesos de soldadura a emplear, material base, espesores, material de aporte, los cuales son considerados variables esenciales para el cumplimiento y exigencias del proyecto. Fue necesario conocer cada uno de estos factores para determinar el proceso de soldadura y el material de aporte a emplear, basados en la sección IX del código ASME. Logró elaborar un procedimiento que contiene y describe las variables que se aplicaron a los procesos y operaciones de soldadura, así como los límites de los valores dentro de los que estas variables fueron calificadas, realizó ensayos destructivos y no destructivos, y posteriormente fueron registrados en un documento que se conoce en la industria como especificación del proceso de soldadura. El beneficio de este trabajo es la detección temprana de irregularidades o no conformidades en la realización de las uniones soldadas requeridas en la construcción del proyecto, permitiendo correcciones menos costosas, por lo tanto se debe verificar que la especificación de procedimientos de soldadura estén completas aprobadas y calificadas, de tal manera que permitan producir soldaduras confiables con un nivel de integridad mecánica ajustadas a las exigencias del proyecto^[3].

3.2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS

2.2.1. Soldadura

Proceso mediante el cual se unen elementos metálicos por la acción del calor, con la aportación de material metálico o sin ella, de modo que en los tramos unidos se sigue la continuidad de los mismos.

Existen al menos siete tipos importantes de soldadura por resistencia, estos son: soldadura de flujo, soldadura por corriente de alta frecuencia, soldadura de

proyección, soldadura de costura, soldadura de punto y soldadura por recalcado. Los cuales son muy similares en muchos aspectos, pero con suficientes características que los diferencian entre sí^[4].

2.2.1.1. Principio de funcionamiento de la soldadura por resistencia

El soldeo por puntos es el proceso de soldadura por resistencia más utilizado en la unión de piezas formadas con chapas y láminas de acero de espesores pequeños o medianos. La soldadura por resistencia se fundamenta en la generación de una unión íntima por efecto de la energía térmica y mecánica. Durante el proceso, una corriente eléctrica fluye directamente desde un electrodo a otro atravesando las láminas a ser soldadas, a su paso encuentra una serie de resistencias que disipan energía en forma de calor^[5].

Hay cuatro factores implícitos al hacer un soldado por resistencia. Estos son: Cantidad de corriente que pasa a través del trabajo, la presión que el electrodo transfiere al trabajo, el tiempo durante el cual la corriente fluye a través del trabajo, y el área de la punta del electrodo que está en contacto con el trabajo.

Una corriente alta, de hasta 100.000 A a un voltaje bajo, genera el calor suficiente en este punto de resistencia para que el metal alcance un estado plástico. La fuerza aplicada antes, durante, y después del flujo de corriente, forja juntamente con las partes calentadas para que tenga lugar la coalescencia. Se requiere de presión a través de la totalidad del ciclo de soldadura para asegurar un circuito eléctrico continuo. La cantidad de corriente empleada y el tiempo están relacionados con el consumo de calor requerido para superar las pérdidas de calor y aumentar la temperatura del metal.

La corriente que fluye a través del circuito de acuerdo a la ley de Ohm, se muestra en la Ec.(2.1).

$$I = \frac{E}{R} \quad (2.1)$$

Donde:

I = Corriente en amperios

E = Voltaje en voltios

R = Resistencia de los materiales en Ohms

La energía total se expresa por medio de la fórmula. La energía calorífica H es igual al producto de la multiplicación de I, E y T, en el cual T es el tiempo en segundos durante el cual la corriente fluye en el circuito. Cuando se combinan estas dos ecuaciones se obtiene la Ec. (2.2).

$$H(\text{energía}_\text{calórica}) = I^2 \times R \times T \quad (2.2)$$

Por razones prácticas debe incluirse un factor que se relacione con las pérdidas de calor, por consiguiente, la fórmula de soldadura de resistencia real es la que se muestra en la Ec. (2.3).

$$H(\text{energía}_\text{calórica}) = I^2 \times R \times T \times K \quad (2.3)$$

Donde:

I = Corriente en amperios

R = Resistencia del trabajo en ohms

T = Tiempo de flujo de corriente en segundos

K = Pérdidas de calor a través de la radiación y de la conducción (Aproximadamente tiene un valor de 0,24)

El calor del trabajo de soldado es proporcional al cuadrado de la corriente de soldadura. Si la corriente se duplica, el calor generado se cuadruplica. El calor de soldadura es proporcional al tiempo total del flujo de corriente. Si la corriente se duplica, el tiempo puede reducirse, lo cual es recomendable.

El calor de la soldadura generado es directamente proporcional a la resistencia, que relaciona el material que se está soldando con el área de contacto y con la presión aplicada. La presión mecánica, la cual une con fuerza a las partes, ayuda a reforzar la estructura granular del trabajo soldado.

También se genera calor al contacto entre los electrodos de soldadura y el trabajo. Esta cantidad de calor generado es más baja puesto que la resistencia entre el material del electrodo de alta conductividad y el trabajo es menor que la que hay entre las dos piezas de trabajo. En la mayoría de las aplicaciones los electrodos se enfrían por medio de agua para minimizar el calor generado.

La soldadura por resistencia la emplean ampliamente las industrias de producción en masa, donde se mantienen corridas de producción así como condiciones consistentes. La soldadura se ejecuta con operadores que normalmente cargan y descargan la máquina de soldadura y presionan el interruptor para iniciar la operación de soldado.

La industria automotriz es el principal usuario seguido de la industria de aparatos eléctricos. Es usada por muchas industrias que manufacturan una variedad de productos hechos de metales delgados y para manufacturar tubos, ductos y secciones estructurales más pequeñas. La soldadura por resistencia tiene la ventaja de producir un alto volumen de trabajo a altas velocidades que son reproducibles con una alta calidad^[4].

2.2.1.2. Tipos de Soldadura por Resistencia Eléctrica

- **Soldadura de punto**

Es un proceso de soldadura donde la coalescencia se produce por medio del calor obtenido por el paso de una corriente eléctrica a través de las piezas a ser soldadas las cuales se soportan a presión por los electrodos, como se muestra en la Fig 2.1.

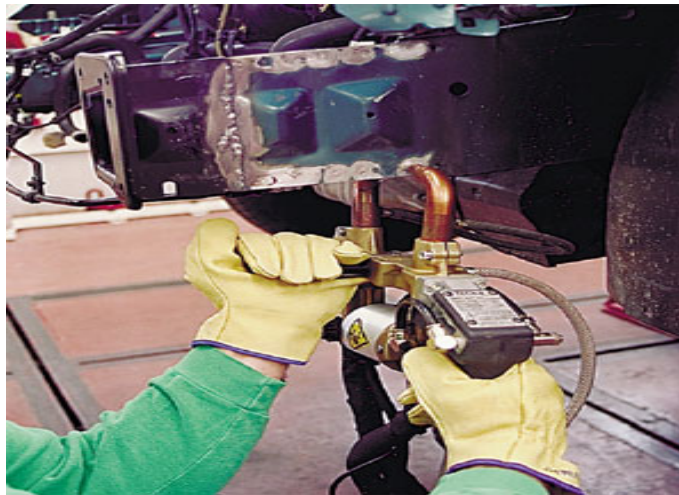


Figura 2.1. Soldadura por punto ^[6].

El tamaño y forma de los puntos individualmente formados se limitan principalmente por el tamaño y contorno de los electrodos, se puede visualizar en la Fig 2.2 que por lo general son cilíndricos y enfriados interiormente por agua, con un diámetro D en el cuerpo del electrodo y un diámetro d en la punta de contacto del electrodo con las piezas.

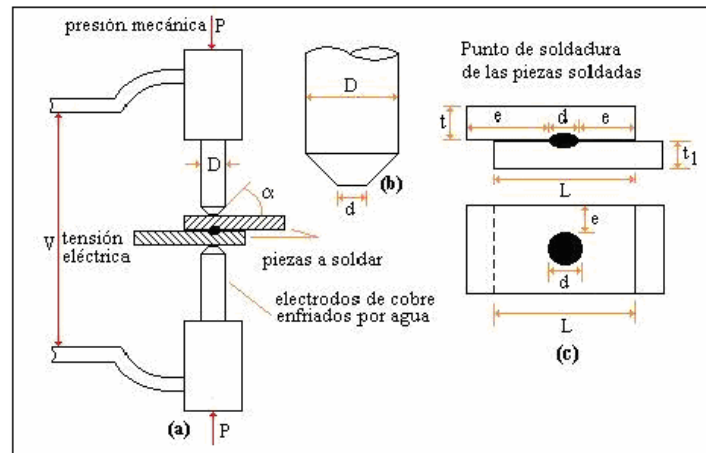


Figura 2.2. Tamaño y contorno de los electrodos [6].

Siendo éste:

$$\text{Para materiales delgados (ver Ec. 2.4)} \quad d = 0,25 + 2t \quad (2.4)$$

$$\text{Y para materiales gruesos (ver Ec. 2.5)} \quad d = \sqrt{2,54 \times t} \quad (2.5)$$

Para la ejecución de la soldadura (ver Ec. 2.6) de dos piezas, las mismas se solapan en una longitud L (Figura 2 –c), dada por la expresión:

$$L = d + 2e \quad (2.6)$$

Siendo e la distancia desde el extremo del diámetro del punto de soldadura hasta los extremos de la pieza, dándose el e máximo para la Ec. 2.7:

$$e_{m\acute{a}x} = d \quad (2.7)$$

La gama de equipos para soldadura de punto va desde los modelos relativamente sencillos y económicos hasta equipos de soldaduras múltiples extremadamente grandes. Las máquinas estacionarias de soldaduras de punto son usualmente de dos tipos; las de brazo o cuerpo pivotante y las de prensa.

- **Soldadura por Proyección**

Es una forma particular de la soldadura por puntos, utilizadas para unir piezas de metal. Se logra apretando las piezas entre si y haciendo pasar entre ellas una corriente eléctrica muy fuerte durante un lapso muy breve, este método se utiliza para soldadura de tuercas o tornillos, tal como se muestra en la Fig. 2.3.

Las soldaduras resultantes están localizadas en puntos predeterminados por el diseño de las partes a ser soldadas. Esta localización usualmente se logra a través de proyecciones, intersecciones o relieves.

Funciones de las proyecciones:

1. Pre establecer los puntos de contacto, presión y paso de corriente.
2. En las proyecciones se desarrolla mayor cantidad de calor (aplicar a mayor espesor, cantidad conductividad).
3. Se pueden utilizar electrodos más grandes que apliquen mayores presiones sin marcar las piezas.

Este tipo de soldadura requiere menos corriente “por punto” que la soldadura por puntos.

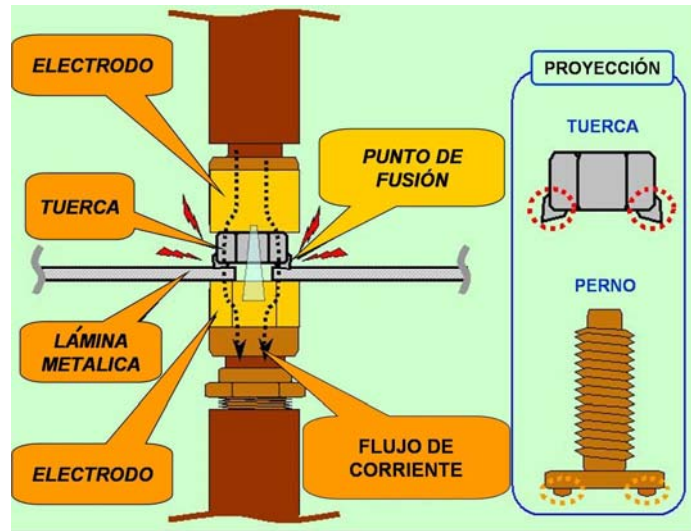


Figura 2.3. Soldadura por proyección ^[7].

- **Soldadura de Costura**

Es un proceso que consiste en el enlace continuo de dos piezas de láminas traslapadas. La unión se produce por el calentamiento obtenido por la resistencia al paso de la corriente y la presión constante que se ejerce por dos electrodos circulares (ver Fig 2.4); la diferencia básica con la soldadura de punto es la forma de los electrodos, que en este caso tienen forma de ruedas.

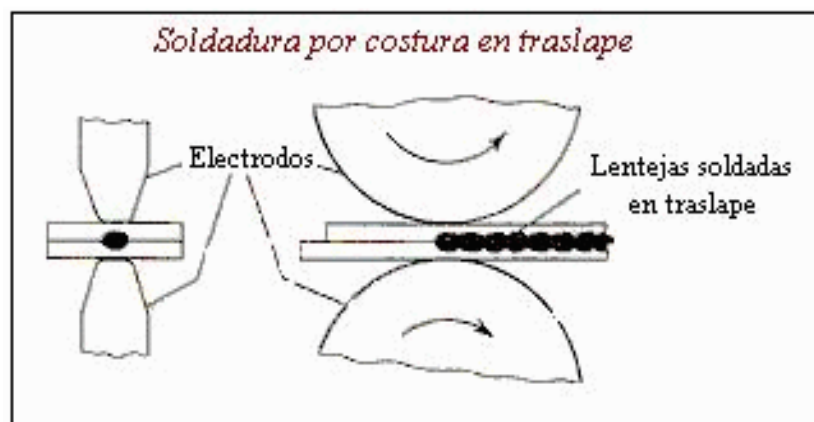


Figura 2.4. Soldadura por costura ^[8].

- **Soldadura por Resistencia a Alta Frecuencia**

Es un proceso de soldadura que produce la coalescencia de los metales con el calor generado por la resistencia eléctrica de los metales a soldar al paso de una corriente alterna de alta frecuencia entre los 100.000 a 500.000 Hz seguido por la rápida aplicación de una fuerza de recalcado una vez que el calentamiento ha sido logrado substancialmente. El trayecto de la corriente en la pieza a trabajar es controlado por el efecto de proximidad.

2.2.1.3. Ventajas de la Soldadura por Resistencia Eléctrica

1. Son posibles altas tasas de producción.
2. No se requiere un metal de relleno.
3. Se presta a la mecanización y la automatización.
4. El nivel de habilidad del operador es menor al que se requiere para la soldadura con arco eléctrico.

2.2.1.4. Desventajas de la Soldadura por Resistencia Eléctrica

1. El costo inicial del equipo es alto, mucho más costoso que la mayoría de las operaciones de soldadura con arco eléctrico.
2. Los tipos de uniones que pueden soldarse están limitados a las uniones sobrepuestas para la mayoría de los procesos ^[8].

2.2.1.5. Ciclos de la Soldadura

- Tiempo de retención.

Es el tiempo comprendido entre la aplicación inicial de la presión del electrodo sobre la pieza de trabajo, y la primera aplicación de la corriente al hacer soldadura

de puntos y de costura y en la soldadura de piezas salientes o de juntas con deformación.

- Tiempo de soldadura.

Es el tiempo en el que pasa la corriente de soldar a través de las partes que se estén uniendo, el cual se expresa ordinariamente en ciclos.

- Tiempo de sostenido.

Es el tiempo durante el cual se sigue aplicando presión en el punto de soldadura después de haber cesado el paso de la corriente de soldar. Este tiempo tiene por objeto permitir que se enfríe o endurezca la pequeña región plástica de soldadura después de lo cual se suprime la presión y se retira la punta.

2.2.1.6. Pistolas de Electropunto

Las soldadoras portátiles por punto se necesitan para los grandes montajes o para sitios a los que resulta difícil llegar, una pistola para soldar está formada por un par de brazos con dispositivos que sostienen los electrodos.

Normalmente la pistola se suspende de un cable sobre un dispositivo elevado (trole), que asegura por un contacto que rueda o desliza, la unión eléctrica entre un conductor aéreo y un receptor móvil, los controles se encuentran en un gabinete separado. ^[9]

Una línea de pistolas para soldaduras por punto va desde modelos operados manualmente calificados a 3 KVA (Kilo Voltios-Amper) y con un peso de 14 Kg. (30lb.) hasta modelos operados por aire y enfriados con agua, calificados para 15 a 85 KVA y llegan a pesar 116 Kg. (256lb.). Las máquinas soldadoras por puntos pueden

considerarse en dos categorías: las máquinas de un sólo punto o individual que pueden ser relativamente simples y económicas, la más sencilla opera manualmente y se evalúa a 2 KVA con una corriente de 6.000 A. Las máquinas de este tipo se usan para mantenimiento, para reparación de carrocerías de automóvil y otras operaciones de naturaleza ligera.

Otra categoría es la de las máquinas de punto múltiples, especiales para realizar el trabajo de producción de alto volumen, como los subensambles de la industria automotriz, éstas tienen generalmente la forma de una prensa en la cual se montan las pistolas individuales. Los soldados se hacen en un orden secuencial, para que todos los electrodos no estén transportando corriente al mismo tiempo. Cada pistola individual tiene su propio pistón hidráulico (ver Fig. 2.5), para que pueda moverse, aplicarle presión, y pueda ser retractada de modo independiente ^[10].

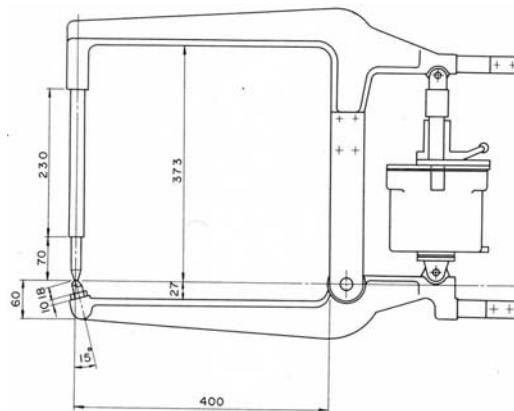


Figura 2.5. Pistola de soldadura tipo X (AX-204013) ^[11].

2.2.1.7. Seguridad de la soldadura por resistencia

Solamente se debería usar aquel equipo de soldadura por resistencia que cumpla con las normas de la Asociación de Fabricantes de Soldadura de Resistencia (RWMA), todo el equipo debe instalarse en conformidad con los requisitos del Código Eléctrico

Nacional y los requerimientos locales. Los controles operativos tales como los botones de arranque y los pedales de interrupción deben estar protegidos para evitar un arranque accidental del equipo; todas las cadenas, engranes, articulaciones, cinturones y similares de la máquina deberían protegerse de acuerdo con las Normas Americanas de Seguridad.

El equipo fijo de punteo individual o el equipo de un sólo pistón deben estar protegidos o debe requerirse que tenga dos botones de arranque para que las manos del operador no puedan estar en el punto de soldadura durante la operación. En el equipo de puntos múltiples, se deben usar sincronizadores, aldabas, separadores o protectores. En el caso del equipo portátil se requieren de dos manijas para que los dedos del operador no puedan estar en el área de contacto.

Todos los controles eléctricos deben encerrarse dentro de gabinetes aprobados los cuales deben estar conectados a tierra. Se debe disponer de botones de detención en la estación del operador para poder detener de modo absoluto la secuencia de la soldadura cuando son requeridos.

Los operadores deben usar protectores faciales, gafas o lentes de seguridad, dependiendo el tipo de trabajo a realizar. Tales medios son necesarios para proteger la cara y los ojos contra las chispas que saltan. Los operadores que se designen para operar un equipo de soldadura por resistencia, deben adiestrarse y considerarse competentes para operar el equipo ^[10].

2.2.2. Conformadores

Es un dispositivo que tiene la forma del contorno de la pieza de trabajo, con la que se sostienen las partes que se están soldando. En todas las piezas correspondientes a ese modelo deben cumplir esas especificaciones de diseño.

2.2.3. Matriz

Dispositivos neumáticos que sujetan las piezas que conforman una unidad, para luego dar los puntos de soldadura. Existen varios tipos, unos sólo sujetan y otros sujetan y dan puntos de soldadura en lugares estratégicos como el piso, para luego ser reforzadas de manera manual por los operadores ^[7].

2.2.4. Especificación

Consiste en el documento de soporte que contiene una detallada descripción de las partes de un conjunto, allí se ubican las características específicas tales como: dimensiones, espesores, composición química, resultados de ensayos etc. Dichas especificaciones pueden tener carácter de uso interno para establecerse como parámetro de estandarización. Existen especificaciones realizadas por organizaciones y que han sido reconocidas universalmente, acercándose a la categoría de código.

2.2.5. Estándar

Un estándar consiste en apropiar las principales variables presentes en el proceso de fabricación de un producto específico, las variables serán basadas en los códigos de soldadura pertinentes y ajustados a recomendaciones de la empresa, no solamente para definir claramente él o los procesos a utilizar, sino también para definir y “calificar tanto el procedimiento como el operario de soldadura” que constituyen parte fundamental de las conformidades para su futura certificación. La información contenida en un estándar es el inicio para la obtención de la calidad, pero ésta solo se obtiene con la labor desarrollada individualmente por quienes intervienen en la ejecución de los procesos.

2.2.6. Especificación del procedimiento de soldadura (EPS)

La especificación del proceso de soldadura es un documento que relaciona las variables a considerar en la realización de una soldadura específica, determina la ejecución de las pruebas de calificación tanto del proceso y procedimiento como del operario de soldadura.

Esta especificación involucra todas las variables esenciales (variables éstas que no deben cambiar más allá de los límites establecidos en el código respectivo) y no esenciales, complementarias y/o suplementarias (ajustadas a los requisitos de la empresa, y aquellas que no afectan la ejecución del proceso).

En los diferentes procesos de fabricación, es la unión de los metales el más regulado, por esta razón es de suma importancia tener procedimientos normalizados y amparados en códigos internacionales que involucren las múltiples variables que en él intervienen, partiendo del recurso humano, en este caso los soldadores con todas sus competencias (conocimiento-habilidad-ética) siguiendo con las materias primas (material base y aporte) y los equipos de soldadura (debidamente calibrados).

El aseguramiento de la calidad es el componente más relevante, constituye la vía para optimizar la productividad y competitividad en torno a los diferentes productos y servicios, siempre que éstos se encuentren estandarizados. Mediante un procedimiento de soldadura se persigue alcanzar lo siguiente.

- Mantener dimensiones por medio del control de la distorsión.
- Productividad y reducción de costos.
- Reducir esfuerzos residuales.
- Minimizar los cambios metalúrgicos desfavorables.
- Cumplir con los requerimientos de ciertas especificaciones o códigos ^[12].

La especificación de procedimiento de soldadura debe dar una explicación detallada por escrito de cómo va a ser ejecutada la soldadura y debe contener variables tales como:

- Número de procedimiento.
- Fechas de ensayo y aprobación.
- Tipos de procesos utilizados en su ejecución.
- Especificación de material base.
- Especificación de material de respaldo.
- Grupo P al cual pertenece el material base y de respaldo.
- Espesores.
- Necesidades de precalentamiento.
- Necesidades de tratamiento térmico posterior.
- Tipos de limpieza e inspección requerida.
- Especificación de materiales de relleno y grupos al cual pertenecen.
- Posición.

Todo fabricante o contratista que realiza trabajo bajo un código, debe preparar por escrito todas las especificaciones de procedimiento de soldadura a emplear, de manera que queden cubiertas todas las variables, operaciones y aplicaciones de cada trabajo o proyecto, y cumpliendo con los requisitos específicos del código aplicable.

También debe proceder a su calificación y aprobación. Así mismo, debe proporcionar este EPS, al personal de soldadura una guía para los trabajos a realizar, y tenerlas disponibles en el momento de una revisión y para las actividades de inspección, ya sea por requerimientos contractuales o de norma. El código ASME sección IX, considera a los diferentes tipos de variables de una especificación de procedimiento de soldadura, de la siguiente manera.

2.2.6.1. Variable esencial de procedimiento

Es aquella en la cual un cambio (descrito en la QW-252 a QW-265 del código ASME sección IX, de variables para cada proceso) afecta las propiedades mecánicas del conjunto soldado, con excepción de la resistencia al impacto de la soldada y requiere la recalificación del procedimiento. Entre las variables esenciales involucradas en un EPS se encuentran las siguientes:

- El proceso de soldadura
- El tipo, especificación o composición del metal base.
- La geometría del metal base, normalmente espesor.
- Características técnicas y eléctricas.

2.2.6.2. Variable esencial suplementaria

Cambio en una condición de soldadura que afecta la tenacidad (resistencia al impacto) de una junta soldada. Como por ejemplos un incremento, temperatura, calor aportado por pase (mayores a los establecidos en las tablas de las variables).

Hay que tener presente que este tipo de variable sólo será aplicable cuando otras secciones del código que no sea la IX lo requiera. En este caso, uno o más cambios en las variables esenciales suplementarias hacen obligatoria la recalificación del procedimiento.

2.2.6.3. Variable no esencial de procedimiento

Es aquella en la cual un cambio en una condición de soldadura que no afecta las propiedades mecánicas de la unión y no requiere recalificación del procedimiento.

Entre las variables no esenciales envueltas en una especificación de procedimiento de soldadura tenemos:

- Suministro de energía.
- Limpieza de puntas.
- Medio de enfriamiento.

Un documento de especificación de procedimientos de soldadura, posee unas determinadas variables agrupadas en las siguientes categorías:

- **Procesos de soldadura**

Determina el proceso o combinación de procesos de soldadura a utilizar en la ejecución de la misma y su método de aplicación (automático, manual, semiautomático y mecánico) corresponde con lo estipulado en el procedimiento. Los procedimientos aceptados en la planta Toyota de Venezuela son: GMAW, GTAW, y por Resistencia eléctrica.

- **Uniones o juntas**

Las principales variables relacionadas con los tipos de juntas son las siguientes:

- Tipo de junta (a tope, en esquina, de traslape, en T y de borde).
- Tipo de ranura (V sencilla, V doble, bisel sencillo, etc.).
- Diseño básico de la unión.
- Material de respaldo.
- Abertura de raíz.
- Dimensión de la cara de raíz.
- Ángulo de ranura.

- **Metal base**

El procedimiento de soldadura debe indicar la especificación del metal base, su composición química o referencia a una aplicación aplicable. Los metales base pueden estar formados ya sea de placa, tubo, u otras formas de producto. Las variables principales relacionadas con los metales base son las siguientes:

- **Número P**

Para reducir el número de calificaciones requeridas de procedimientos de soldar el código ASME sección II agrupan a los metales base en función de las características, tales como composición química, soldabilidad y propiedades mecánicas, de manera que los metales base con características similares están calificados dentro de una misma categoría.

En la sección IX del código ASME se agrupan los diferentes metales base para la construcción de calderas y recipientes a presión, asignándoles un número “P”, como se puede observar en la Tabla 2.1, los resaltados son los materiales bases utilizados en este proyecto de grado.

Tabla 2.1 Materiales base agrupados según código ASME, para diferentes aleaciones ^[14]

Metal Base	Rango de números P
Aceros y aceros aleados	P1 hasta P11 incluyendo P5A, P5 y P5C
Aluminio y aleaciones de base aluminio	P21 hasta P25
Cobre y aleaciones de base cobre	P31 hasta P35
Níquel y aleaciones de base níquel	P41 hasta P47
Titanio y aleaciones de base titanio	P51 hasta P53
Zirconio y aleaciones de base zirconio	P61 hasta P62

- **Espesor del metal base**

Las variaciones del espesor del metal base son una consideración importante en la calificación de los procedimientos, si esta variación es mayor al intervalo permitido (en base al espesor del cupón de prueba empleado para la calificación) en las tablas (QW-451.1/QW-451.2/QW-451.3) de límites del código ASME sección IX, será necesario elaborar y calificar un nuevo EPS ^[12].

- **Características eléctricas**

Relacionadas con la forma y dimensiones del electrodo de soldar. Algunas de las variables que se relacionan son las siguientes.

- Forma o dimensiones de los electrodos de soldar.
- Presión, corriente y tiempo.
- Suministro de energía.

- **Características técnicas**

Basadas con el método de limpieza, así como al equipo y medios de enfriamientos utilizados. Influyen las siguientes variables:

- Método de limpieza inicial.
- Método de cincelado posterior.
- Número de electrodos (un solo electrodo o múltiples electrodos).
- Número de pases por lado (un solo pase o múltiples pases) ^[12].

2.2.7. Calificación de procedimiento de soldadura

La calificación de un procedimiento de soldadura consiste en soldar un ensamble o cupón de prueba empleando las variables establecidas en la especificación de procedimiento de soldadura (preliminar) a calificar y obtener de éste las probetas o especímenes para realizar los ensayos que establece cada norma.

Si las pruebas realizadas a los especímenes cumplen los criterios de aceptación, se comprueba que la unión soldada obtenida con el procedimiento tiene las propiedades requeridas y la calificación es satisfactoria. Los resultados de estos ensayos y los valores reales de las variables empleadas para soldar el ensamble de prueba deben ser documentadas en un registro de calificación de procedimiento.

Una vez que las pruebas se realizaron y sus resultados son satisfactorios según los criterios de aceptación establecidos, se procede a hacer los cambios aplicables en los EPS preliminar, de acuerdo con los valores reales de las variables empleadas en las pruebas de calificación del procedimiento, y se emiten los EPS y un reporte de calificación de procedimiento (RCP) definitivo.

El tipo y número de ensayos que se deben realizar dependen del tipo de soldadura involucrado (de ranura o de filete por ejemplo), y para un mismo tipo de soldadura, los requisitos de cada código son diferentes por lo que es necesario consultar cada norma particular a fin de identificar sus requisitos específicos.

2.2.8. Reporte de calificación de procedimiento (RCP)

Este documento corresponde a un anexo de la especificación del proceso de soldadura y en él van detallados todos los pasos que conllevan a la calificación de un proceso, procedimiento y operarios de soldadura. Están relacionados las diferentes pruebas o

ensayos realizados y la certificación de aprobación o rechazo firmada por un inspector certificado en soldadura. Cada estandarización del proceso de soldadura puede contener uno o varios reportes. Para efectos contractuales y para efectuar soldaduras similares en el futuro, las pruebas realizadas son igualmente aplicables tanto para la soldadura por máquina como para soldadura manual, siempre es obligatoria cuando se trabaja conforme a códigos.

Es obviamente inútil llevar a cabo para cada pequeña variación del material, espesor o método de soldadura un nuevo ensayo de procedimiento. Por consiguiente los materiales se dividen en grupos que comprenden aleaciones con características similares de soldadura.^[12]

2.2.9. Discontinuidades estructurales de la soldadura

Las discontinuidades es la parte más importante de la evaluación de la soldadura, para determinar su comportamiento hacia el servicio proyectado. Para esto se busca irregularidades o imperfecciones en la soldadura o en la construcción soldada, que generalmente se presentan en el metal base y en las juntas soldadas, que varían en naturaleza, tamaño, localización, frecuencia y distribución.

Normalmente a estas imperfecciones se les llama discontinuidades y casi siempre están presentes en las uniones soldadas. Antes de describir las discontinuidades es extremadamente importante comprender la diferencia entre discontinuidad y defecto. Una discontinuidad es una irregularidad en una estructura que de otra manera sería uniforme, es decir, una falta de homogeneidad. Un defecto es una discontinuidad específica que puede comprometer el comportamiento de la estructura para el propósito que fue diseñada basándose en el criterio del código aplicable^[13].

2.2.9.1. Grieta

Fractura del material al concluir la solidificación debido a los esfuerzos por enfriamiento, la fractura puede ocurrir en el metal base como en la soldadura.

2.2.9.2. Falta de fusión

Discontinuidad de la soldadura en la cual la fusión no ocurre entre el metal de soldadura y las caras de fusión o los cordones adyacentes. Esto es, la fusión es menor a la especificada para una soldadura en particular. Debemos pensar a menudo que la falta de fusión es como una imperfección interna de la soldadura. De todos modos, puede ocurrir también sobre la superficie de la soldadura.

2.2.9.3. Falta de penetración

Discontinuidad asociada solamente con la soldadura con bisel. Es una condición donde el metal de soldadura no se extiende completamente a través del espesor de la junta con penetración total por una especificación. Su ubicación es siempre adyacente a la raíz de la soldadura.

2.2.9.4. Solapado

Puede ocurrir por emplear mal las técnicas de soldadura. El solapado es considerado una discontinuidad significativa dado que puede resultar en una entalla filosa en la superficie de la soldadura. Si el solapado es muy grande, puede esconder una fisura que puede propagarse desde este concentrador de tensiones.

2.2.9.5. Punto quemado

Son aquellos en los que se produce la fusión del material y por lo tanto la correspondiente soldadura, presentan una resistencia a la rotura pero no pueden considerarse como puntos buenos.

2.2.9.6. Puntos pequeños

Puntos cuyo diámetro es menor que el diámetro nominal exigido (6mm), y por lo tanto aunque haya penetración presentan menor resistencia a la rotura.

2.2.9.7. Fenómeno pick-up

Porción del producto que se adhiere a la punta del electrodo. Esto ocurre cuando la corriente es aplicada con el uso de productos contaminados, como los electrodos o una fuerza de presionado insuficiente, y donde la chispa generada entre los productos y el electrodo hace un agujero en los productos ^[13].

2.2.10. Manual de calidad, procedimientos y documentación operativa

La base para un sistema de calidad se compone de dos documentos, denominados Manuales de aseguramiento de la calidad, que definen por un lado la estructura, responsabilidades, actividades, recursos y procedimientos genéricos que una organización establece para llevar a cabo la gestión de la calidad (Manual de Calidad), y por otro lado, la definición específica de todos los procedimientos que aseguren la calidad del producto final (Manual de Procedimientos).

El manual de calidad nos dice ¿Qué? Y ¿Quién?, y el manual de procedimiento, ¿Cómo? Y ¿Cuándo?. Dentro de la infraestructura del sistema existe un tercer pilar

que es el de los documentos operativos, conjunto de documentos que reflejan la situación diaria de la empresa. Por lo tanto el manual, especifica la política de calidad de la empresa y la organización necesaria para conseguir los objetivos de aseguramiento de la calidad. En él se describen la política de calidad, estructura organizacional, la misión y todo elemento involucrado en el logro de la calidad.

2.2.11. Métodos a seguir para supervisar la calidad de la soldadura en el proceso de ensamblaje.

Los métodos implementados para supervisar el proceso y obtener calidad son:

2.2.11.1. Ruteo interno

Proceso que consiste en inspeccionar cada una las piezas que conforman parte del ensamblado del vehículo, siguiendo una ruta ya descrita, con la finalidad de llevar una secuencia lógica de todos los puestos de trabajo para garantizar la calidad de la soldadura dada.

2.2.11.2. Inspección

Procedimiento seguido al ruteo interno, en el cual se inspecciona toda la unidad ya ensamblada. Utiliza un formato donde se señala en que parte y qué tipo de defecto fue hallado, es la que decide según los detalles encontrados si puede avanzar la unidad a la siguiente línea.

2.2.11.3. Auditoria

Una vez que la unidad sale de la línea de acabado de metal se le realiza una auditoria al azar, proceso en el cual se verifican las dimensiones de parabrisas, compuertas, faros etc., si se detectan problemas se chequean dos o tres unidades más, para

verificar si tienen el mismo problema o no, si es muy grave se detiene la línea. El secuencial de las unidades indica que se debe realizar seis auditorias diarias, en las cuales no hay un tiempo estipulado para cada una de ellas. En auditoria sólo se verifican uno o dos piezas por modelo.

2.2.12. Trabajo estandarizado

Son los estándares de operaciones que se deben seguir para mantener la productividad, calidad y seguridad a niveles bien altos. Al concentrarse en los movimientos humanos, el trabajo estandarizado establece la mejor secuencia de trabajo para cada proceso de ensamble y elaboración. Una vez que se determina la más eficiente secuencia de trabajo se repite exactamente de la misma forma, evitando de ese modo movimientos innecesarios, desperdicio de esfuerzo y manteniendo la calidad, garantizando la seguridad y evitando daños al equipo ^[11].

2.2.12.1. Pautas que establece el trabajo estandarizado

- **Tiempo teórico**

Es el tiempo necesario para finalizar una completa secuencia de trabajo en un lugar. Tiempo teórico (Ec. 2.8) que se requiere para producir una pieza de producto ordenada por el cliente, que se determina dividiendo el tiempo total de producción entre el número de unidades a producir (Volumen).

$$\text{Tiempo teórico: } \frac{T_p \times \eta}{V} \quad (2.8)$$

Donde:

T_p : Tiempo total de producción

η : 0,86 (Eficiencia)

V: Volumen de producción

- **Secuencia de trabajo**

Son una serie de pasos que han sido determinados como la mejor forma de desempeñar una tarea. Una vez determinado la más eficiente secuencia de trabajo, se repite exactamente de la misma forma, evitando de ese modo movimientos innecesarios.

- **Existencia estándar en proceso**

Número mínimo de piezas dentro de una línea que se necesitan tener a la mano durante el proceso de ensamble para mantener un tranquilo flujo de trabajo; proporciona un marco de tiempo consistente para desempeñar el trabajo de soldadura dentro del designado tiempo teórico, con la finalidad de mantener la productividad, calidad y seguridad a niveles bien altos ^[11].

CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO

3.1. POBLACIÓN Y MUESTRA

Se tomo una muestra representativa que por su tamaño y características permite inferencias o generalizar los resultados, en este caso se refiere a la línea de electropunto; se obtiene una mejor calidad de información ya que es posible cuidar más la precisión de la observación de cada elemento, entrenamiento y formación del personal, uso de los instrumentos, supervisión y rigurosidades en los controles.

3.2. TÉCNICAS PARA RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN

Las técnicas utilizadas para obtener la información requerida en la investigación son las siguientes:

- **Técnica de observación directa**

Por medio de la observación directa, a través de las visitas a las líneas, se pudo conocer las áreas sobre las cuales se realizó el estudio y observar los procedimientos de trabajo, empleados por el personal para el soldeo, para así recopilar toda la información requerida para el desarrollo del proyecto.

- **Técnica de recopilación de información**

Se realizó una constante revisión de material bibliográfico impreso y digital que pueda aportar información durante el desarrollo del proyecto. Se revisaron libros, el código ASME, normas de Toyota de Venezuela, y trabajos de grado para la realización del proyecto.

- **Técnica de entrevista personal e informal**

Se realizaron entrevistas no estructuradas de forma personal, verbal e informal con el personal que operan las pistolas de electropuntos, supervisores encargados y personas que tengan amplio conocimiento del proceso de soldadura de la línea de ensamblaje por electropunto, con la finalidad de precisar detalles a cerca de su funcionamiento y mejoras que ésta requiera.

- **Técnica de ensayos micrográficos**

Se basó en la realización de estudios microscópicos, a través, de la amplificación de la superficie mediante instrumentos ópticos (microscopio) para observar las características estructurales microscópicas (microestructura) y determinar la calidad y el diámetro de la soldadura dada.

3.3. ETAPAS DE LA INVESTIGACIÓN

3.3.1. Revisión bibliográfica

Se consultaron los textos de soldadura, tesis de grado relacionadas, las normas ASME Sección IX, normas de Toyota de Venezuela, publicaciones en Internet y otros medios informativos como presentaciones, entrevistas indirectas que permitieron el desarrollo de las etapas siguientes.

3.3.2. Descripción del proceso de soldadura por resistencia eléctrica en la línea de ensamblaje automotriz

Se consultaron los estándares de procedimientos de inspección, secuencia de trabajo, materiales y equipos que conforman la línea de ensamble de Toyota de Venezuela, como apoyo para la realización de la descripción del proceso automotriz de la soldadura. Durante el proceso de soldadura se realizan procedimientos de inspección, necesarios para el control de las actividades; cada una de ellas siguiendo un tiempo específico en los diferentes procesos de unión de las piezas. Dichos tiempos fueron cambiados, tomando una muestra de 10 tiempos para cada zona con la ayuda de un cronómetro, al cual se les saco el promedio para luego ser puestos en práctica con el fin de disminuir los defectos encontrados en las piezas, bien sea por descuido operacional, ausencia de estándar de proceso, falta de inspección entre otras, que obligan a que la unidad pase a una reparación adicional, aumentando los retrabajos y el uso de recursos.

Si los nuevos tiempos cumplen con la inspección de todas las zonas, los cambios están siendo efectivos para el tiempo que se dispone, tiempo de salida de la unidad 14 minutos, de lo contrario hay que reajustarlo.

3.3.3. Identificación de las variables esenciales y no esenciales indispensables para la elaboración de la calificación del proceso de soldadura por electropunto

Las variables esenciales y no esenciales se identificaron a través de las especificaciones QW-263 del código ASME sección IX y las recomendadas por la empresa. Requerimientos indispensables para la especificación y calificación del procedimiento de soldadura. Las mismas fueron las siguientes.

- **Variables esenciales**

Las variables esenciales consideradas para el procedimiento son aquellas que afectan las propiedades mecánicas de la soldadura, siguiendo las recomendaciones QW-263 del código ASME sección IX.

- **Variables no esenciales**

Para estas variables un cambio en una condición de soldadura no afecta las propiedades mecánicas de la unión. Se definirán en base a las condiciones en el ambiente de trabajo. Comprende una parte de las características eléctricas y técnicas como suministro de energía, limpieza de puntas y medio de enfriamiento.

3.3.4. Elaboración de pruebas que garantizan el nivel de la calidad de la soldadura por electropunto según las normas de Toyota de Venezuela

A continuación se describirá la metodología aplicada para obtener las pruebas de calidad de la soldadura por resistencia eléctrica del proceso de ensamble de la carrocería.

3.3.4.1. Selección de la muestra del proceso de soldadura

La selección de la muestra se obtuvo por medio de la empresa, los cupones de prueba fueron del mismo espesor y soldadas con pistolas de electropuntos de manera manual.

3.3.4.2. Pruebas mecánicas

Se realizaron varias pruebas para determinar la calidad de la soldadura por electropunto, entre las cuales tenemos:

3.3.4.3. Análisis de Macrografía

Los ensayos aplicados fueron de macrografía en varios puntos de soldadura en la sección transversal de las láminas de prueba, se obtiene fotografías las cuales se le calcula el porcentaje de penetración y el diámetro del punto de soldadura a través de la siguiente metodología.

a. Probetas

Se obtuvo utilizando material de carrocería del vehículo, éste fue facilitado por la empresa, y los puntos de soldadura fueron dados con pistolas de electropunto dispuestas dentro del área de ensamble.

b. Corte transversal

Se procede al corte de las pepitas de soldaduras de los cupones de prueba, con el fin de obtener dos partes iguales del botón como se muestra en la Fig. 3.1.

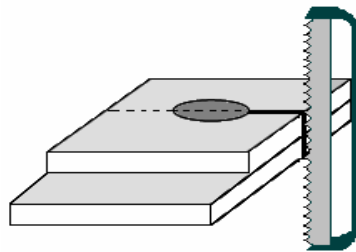


Figura 3.1. Corte transversal de la soldadura.

c. Desbaste

Las probetas fueron desbastadas sobre un banco de pulido, donde fluyó el agua constantemente, este proceso comenzó desde la hoja de lija más gruesa y finalizó con la hoja más fina, considerando que al cambiar de una hoja a otra se limpiaba con agua

y se giraba 90° de manera que la superficie quedara plana y sin ningún residuo de óxido.

d. Pulido mecánico

Las probetas se mantuvieron en contacto con una pulidora giratoria durante un determinado tiempo, esta pulidora consta de un plato cubierto con un paño, al cual se le agregó agua y partículas abrasivas muy pequeñas (Alúmina de 1.0 micra).

e. Ataque químico

Una vez pulidas las probetas y totalmente limpias, se procedió a un ataque químico (Ácido nítrico 3%) durante 5 segundos aproximadamente, posteriormente se lavaron con agua y seguidamente se le agregó alcohol isopropílico, para luego ser secadas.

f. Fotografías

Las imágenes del botón de soldadura de las probetas fueron obtenidas a través del estereoscopio, captando las imágenes con una cámara digital. Dichas imágenes fueron analizadas con el propósito de observar con detenimiento la fusión y penetración de la soldadura.

g. Porcentaje de penetración

Se obtuvo las imágenes de la macroestructura del punto soldado (probeta) utilizando el estereoscopio y una cámara digital. Las imágenes fueron impresas, y con una regla se midió las variables necesarias para el cálculo del porcentaje de penetración (Ec. 3.1).

$$\% P = \frac{t}{T} \times 100 \quad (3.1)$$

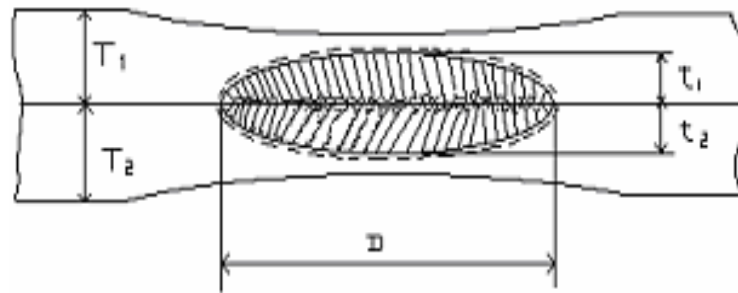


Figura 3.2. Vista transversal del cupón de prueba de la soldadura.

Donde:

% P = Porcentaje de penetración.

t = Espesor de la penetración.

T = Espesor total de las láminas.

3.3.4.4. Prueba de adherencia de la soldadura

El ensayo permite determinar la resistencia de la soldadura de una manera sencilla. El procedimiento se describe a continuación.

a) Preparación de las probetas.

Las probetas se realizaron con la unión de dos láminas mediante soldadura por electropunto, donde los puntos de soldadura fueron equidistantes unos de otros. Las muestras utilizadas es de material de carrocería del vehículo, facilitado por la empresa.

b) Realización de la prueba.

Utilizando cincel y martillo como herramientas, se realiza la prueba de la siguiente manera:

- Se insertó el cincel en la unión de las dos láminas y entre dos puntos de soldadura.
- Se golpeó de 3 a 4 veces en cincel con el martillo hasta obtener un ángulo aproximadamente de 45° entre las láminas.
- Si el punto de soldadura no se desprende, se califica como “bueno” de lo contrario será calificado como “malo”.

3.3.5. Especificación y calificación de la soldadura por electropunto

Una vez obtenidas todas las variables que influyen en el proceso y realizadas las pruebas, se procedió a elaborar los documentos que especifican dichos valores. Éste se realizó siguiendo los formatos utilizados en trabajos y las recomendaciones que suministra el código ASME.

3.3.6. Manual de procedimientos de inspección de la calidad de soldadura por electropunto

Se implementa siguiendo la norma COVENIN-ISO 10013:1995 como guía a seguir para establecer los lineamientos para la elaboración del manual, además de las normas y procedimientos que implementa la empresa Toyota de Venezuela para inspeccionar la calidad antes, durante y después de realizar la soldadura por resistencia eléctrica. Estableciendo los criterios de evaluación de la soldadura por electropunto que deben usarse en el momento de inspeccionar la calidad, como por

ejemplo faltante de punto, grieta, punto fuera de posición, orificio, rebaba, entre otros.

Se describen los procedimientos de inspección de calidad en los procesos de ruteo interno, inspección final y auditoria con la finalidad de verificar cada una de las piezas, inspeccionar la unidad tanto interna como externamente, contar e inspeccionar la calidad de los pernos y tuercas que fueron soldados en procesos anteriores, adherencias de los puntos y estado superficial de la unidad (golpes, rayas, oxidos etc.).

Se establecieron procedimientos a través de flujogramas que se deben seguir para solventar los posibles problemas que se puedan presentar en las diferentes áreas de inspección de calidad. Este manual es un documento, que pretende dar el apoyo y orientación a las personas comprometidas con el desempeño de sus labores dentro de la línea de ensamble, para asegurar la calidad de las unidades.

3.3.7. Redacción del trabajo de grado

La redacción del trabajo de grado se hizo siguiendo las normas establecidas en la Universidad de Oriente y aplicando los conocimientos obtenidos durante la carrera.

CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.1. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE SOLDADURA POR RESISTENCIA ELÉCTRICA EN LA LÍNEA DE ENSAMBLAJE AUTOMOTRIZ

La materia prima para el ensamblaje de los vehículos llega por vía marítima a través de barcos; de allí es transportada hasta la planta donde es recibida para la verificación del estado de las piezas.

Es almacenada para luego ser distribuida a cada una de los puntos de la línea de electropunto, estas piezas son colocadas en armazones metálicos que por su forma, tamaño y peso no permiten otro tipo de almacenamiento (rack). Y llevadas posteriormente a unos dispositivos de tipo neumáticos, diseñados para sujetar correctamente las piezas al momento de ser soldadas (conformadores).

Los vehículos se fabrican normalmente en una línea de electropunto, que cuenta con numerosas estaciones donde operarios, fijos en cada estación, realizan el mismo trabajo. El desplazamiento de los vehículos de una estación a otra se realiza a través de ganchos móviles y siguiendo un tiempo ciclo, tiempo que transcurre entre la producción de dos unidades consecutivas. En cada estación se van uniendo componentes metálicos con la estructura de la carrocería. La unión se hace por medio de puntos de soldadura a través de pistolas de electropuntos que pueden ser de dos tipos, una en forma “C” y la otra en forma de “X” diferenciándose entre sí por el movimiento que describen y la colocación del cilindro pistón. Para una misma pieza se pueden usar más de dos pistolas de diferentes tamaños y capacidades, dependiendo de la complejidad de la pieza y la mejor comodidad del operario al momento de ejecutar la soldadura.

En la línea de ensamble la elaboración de la estructura puede dividirse en los siguientes grupos:

- Suelo y habitáculo del motor
- Paredes laterales
- Techo
- Ensamble principal
- Final de línea

En la mayoría de las estaciones, las pequeñas piezas se van uniendo hasta completar grandes subconjuntos como puede ser el piso trasero, piso delantero, o los laterales. Además del proceso de ensamble, en la línea se realizan simultáneamente la inspección de las uniones soldadas, siguiendo un mapa de ruteo y tiempos de inspección, donde se supervisan ítems de control como por ejemplos soldadura, puntos de seguridad, partes faltantes o erróneas y sello entre otras.

Este método de inspeccionar fue modificado y los nuevos tiempos de inspección para cada proceso o zona de electropunto lo muestra la tabla 4.1, estos tiempos fueron puestos en práctica conjuntamente con la hoja de ruteo inspeccionando 1 ó 2 piezas por unidad, siguiendo el mapa de ruteo y se logró inspeccionar una unidad 100%. Con esto se pudo disminuir el porcentaje de unidades que pasaban a reparación en un 50% aproximadamente, disminuyendo los retrabajos y el uso de recursos.

Tabla 4.1. Tiempos medidos dentro del proceso de soldadura

Descripción de las piezas	Tiempo (min., seg.)
Apron	0'.35''
Dash panel	1'.20''
Piso delantero	1'.30''
Piso trasero	2'.53''
Unión de piso	2'.05''
Unión compartimiento de motor	0'.45''
Lateral derecho	1'.29''
Lateral izquierdo	2'.10''
Techo	0'.23''
Matriz	0'.45''
Adicional	0'.35''
	Tiempo total= 12'.30''

El tiempo total obtenido es de 12'.30'', por lo que la ruta ha sido efectiva para el tiempo que se dispone, tiempo tacto de 14 minutos para procesar una unidad, quedando 1'.30'' como margen de seguridad para solventar algún imprevisto dentro de la línea de electropunto.

A la llegada de cada uno de los subensambles a la posición de la línea principal, se van colocando progresivamente en una matriz encargada de unir todas las piezas con precisión, que darán paso a la unidad completamente ensamblada y lista para pasar a la estación de final de línea, donde se chequea completamente la unidad en busca de defectos o de la aprobación de calidad. Si hay algún defecto la unidad pasa a una estación adicional donde es reparada usando soldadura por arco

eléctrico. La unidad está lista para pasar al siguiente proceso “Acabado de metal” (línea móvil donde se le colocan a la unidad las puertas y otros accesorios).

4.2. VARIABLES ESENCIALES Y NO ESENCIALES PARA LA ELABORACIÓN DE LA CALIFICACIÓN DEL PROCESO DE SOLDADURA POR ELECTROPUNTO

4.2.1. Variables esenciales

Las variables que se consideraron como esenciales fueron aquellas que pueden afectar las propiedades mecánicas del conjunto soldado, siguiendo las recomendaciones del código ASME sección QW-263, variables de soldadura para especificaciones de procedimiento (Soldadura por resistencia). Las variables que se mencionaran, conllevan implícitamente a una o dos variables como se muestra en la tabla 4.2.

Tabla 4.2. Variables esenciales del procedimiento de soldadura por resistencia eléctrica

Variables	Sub-variables implícitas				
Metal base	Espesor	1,02 mm			
	Composición química	%C	%Mn	%P	%S
		0,12	0,55	0,020	0,025
Junta	Tipo de unión	Traslapada			
	Nº de pases	Único			
Características eléctricas	Clase RWMA	2			
	Tipo de corriente	Directa			
	Valor del voltaje	480 VAC \pm 10% ; 60Hz			
	Fuerza	230 Kg			
Características técnicas	Método de limpieza				

A continuación se describirán brevemente cada una de las variables esenciales.

- **Metal base**

El metal base escogido es el que es utilizado en las láminas que son soldadas para formar la carrocería. La empresa trabaja con un acero con bajo porcentaje de carbono, dependiendo el modelo del vehículo utiliza material galvanizado y no galvanizado. Los modelos Corolla y Hilux utilizan un 90% de metal galvanizado y Terios sólo un 10%.

- **Juntas**

La junta seleccionada fue la de filete traslapada, se realizó un sólo pase de soldadura considerando que el espesor de la lámina, es suficiente para una buena fusión de soldadura.

- **Características eléctricas**

El grosor de la lámina a soldar es el que determina los valores de tiempo de soldadura, fuerza del electrodo y corriente de soldadura como lo muestra la tabla 4.3.

- **Características técnicas**

Comprendidas por los métodos de limpieza de las partes a unir para lograr una buena fusión del punto de soldadura libre de defectos, limpieza con una lima de las puntas de los electrodos para eliminar todo residuo adherido.

Tabla 4.3. Condiciones estándar de soldadura a 60 Hz para aceros al carbono y diferentes diámetros ^[14]

Grosor de la lámina		Electrodo		Calidad superior (Clase A)			
Espesor		Diámetro		Tiempo de soldadura (Ciclo)	Fuerza del electrodo	Corriente de soldadura	Diámetro de la zona fundida
(mm.)	(Pulg.)	(mm)		(S)	(Kg.)	(Amperios)	(mm)
0,25	0,010	3,18	9,53	4	90	4.000	3,30
0,53	0,021	4,76	9,53	6	140	6.100	4,32
0,79	0,031	4,76	9,53	8	180	8.000	5,33
1,02	0,040	6,35	12,70	10	230	9.200	5,84
1,27	0,050	6,35	12,70	12	300	10.300	6,35
1,57	0,062	6,35	12,70	14	360	11.600	6,86
1,98	0,078	7,94	15,88	21	500	13.300	7,87
2,39	0,098	7,94	15,88	25	600	14.700	8,64

Consideraciones:

- El material del electrodo es una aleación RWMA clase 2.
- La superficie del acero está ligeramente aceitada, pero libre de grasa, residuos o polvo.
- La fuerza del electrodo no proporciona la fortaleza necesaria para unir aquellas piezas mal ajustadas.

4.2.2. Variables no esenciales

Tabla 4.4. Variables no esenciales del procedimiento de soldadura por resistencia eléctrica

Variables no esenciales	Sub-variable
Características eléctricas	Suministro de energía
	Limpieza de puntas
Características técnicas	Medio de enfriamiento

4.3. PRUEBAS QUE GARANTIZAN EL NIVEL DE CALIDAD DE LA SOLDADURA POR ELECTROPUNTO, SEGÚN LAS NORMAS DE TOYOTA DE VENEZUELA

Los resultados de las diferentes pruebas realizadas a las muestras de soldadura, se muestran en las siguientes tablas.

Tabla 4.5. Porcentajes de penetración de las pepitas de soldadura

Probeta N°	Porcentaje de penetración (%)
1	42,8
2	38,9
3	46,4
4	44,4
5	52,9

Según la especificación TSH5600G, indica que la penetración debe ser mayor al 20% por lo que los valores obtenidos del porcentaje de penetración son aceptables.

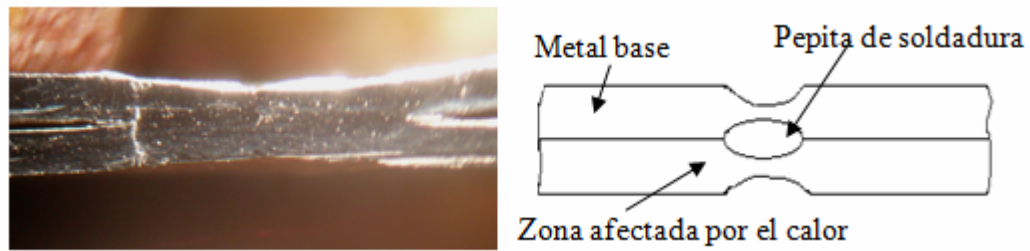


Figura 4.1. Vistas transversales de la penetración de la soldadura

Tabla 4.6. Resultados de la prueba de adherencia de los puntos de soldadura en los cupones de prueba

Probeta	Nº	Adherencia
1	1	Bien
	2	Bien
	3	Bien
	4	Bien
2	5	Bien
	6	Bien
	7	Bien
	8	Bien
3	9	Bien
	10	Bien
	11	Bien
	12	Bien
4	13	Bien
	14	Bien
	15	Bien
	16	Bien

Para la realización de esta prueba se utilizaron cuatro probetas con cuatro puntos de soldadura por electropunto cada una. Se obtuvo una buena adherencia de los puntos de soldadura, en la figura 4.2 se nota un desprendimiento, pero es del metal base no del punto soldado.

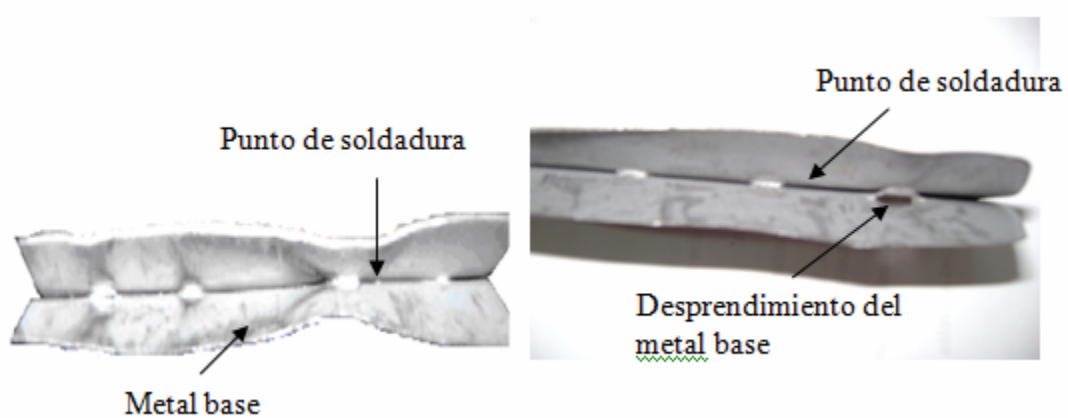


Figura 4.2. Vistas de los cupones de soldadura después de la prueba de adherencia

Los valores de los diámetros de las pepitas de soldadura medidos a los cupones de prueba se muestran a continuación.

Tabla 4.7. Resultados de los diámetros medidos a las pepitas de soldadura

Punto de soldadura	Diámetro (mm)
1	6,5
2	6
3	5
4	5,5
5	5
6	6
7	6
8	5,5

Los resultados de los diámetros en los núcleos de soldadura son muy similares a los mostrados por la especificación TSH5600G (Ver apéndice). Logrando buena resistencia de los puntos soldados, y cumpliendo con las especificaciones de la empresa.

4.4. ESPECIFICACIÓN Y CALIFICACIÓN DEL PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA POR ELECTROPUNTO

Para la especificación y calificación del procedimiento de soldadura por resistencia eléctrica, se tomó como referencia el código ASME sección IX, utilizando unos formatos los cuales definen las variables trabajadas en el procedimiento para su correcta ejecución.

- Formato de especificación de procedimiento (EPS).

Contiene las variables de las calificaciones (esenciales esenciales). Indica los datos generales del código o norma a utilizar, sitio de trabajo, tipo de soldadura, detalles de la junta, metal base, material de aporte, técnica, secuencia de pases de soldadura, así como el esquema gráfico del tipo de junta y posición calificada.

En éste se describe los detalles de la junta soldada, en la misma se indica la configuración de la junta, una lámina de 100x100mm, colocada de forma centrada sobre otra lámina con las mismas dimensiones, la cual se llevó a ensayo de macrografía y adhesión. Las dos láminas tienen espesores de 1,02mm soldadas con un solo pase de soldadura por electropunto.

- Formato de registro de procedimiento de soldadura.

Es un resumen en el cual indica las variables de soldadura y señala el número de especificación de procedimiento de soldadura (EPS) al cual va asociado. El EPS se calificó con el N°1-001, debido a que es el primer procedimiento calificado de la empresa. En este documento se describe la soldadura por resistencia eléctrica de junta de filete entre dos láminas del mismo material de 1,02 mm de espesor cada uno, usando un electrodo de cobre.

La calificación del procedimiento de soldadura se realizó con los resultados obtenidos, cumpliendo con los criterios de aceptación de la empresa y el procedimiento quedó calificado para ser utilizado, siendo revisado y aprobado por personal calificado.

4.5. MANUAL DE PROCEDIMIENTOS DE INSPECCIÓN DE LA CALIDAD DE LA SOLDADURA POR ELECTROPUNTO

Se realizó un manual de procedimiento con la finalidad servir de instrumento de apoyo en el funcionamiento de las inspecciones, al resumir en forma ordenada, secuencial y detallada las operaciones realizadas por el Departamento de Control de Calidad de Soldadura. Contempla la descripción de procedimientos de inspecciones de calidad de soldadura, criterios de evaluación de la soldadura, flujogramas, materiales y equipos utilizados.

El presente manual evidencia la intención de Toyota C.A, por demostrar su capacidad de brindar servicios en conformidad con los requerimientos de sus miembros y clientes, con la seguridad de que su implementación contribuye a satisfacer sus necesidades. La implementación cubrirá todas las funciones, por lo que se busca que las personas involucradas con las actividades descritas en el presente manual, tengan acceso y conozcan claramente y con mucha precisión la forma de organización y funcionamiento de la empresa; por ello se indican las funciones encomendadas a cada

instancia, responsabilidades y la autoridad que les compete, evitando la duplicidad de tareas asignadas y propiciando un mejor aprovechamiento de servicios, recursos humanos y materiales.

En síntesis, pretende apoyar y orientar a personas comprometidas en el desempeño de sus labores, para que contribuyan al cumplimiento de la misión, visión y objetivos estratégicos de la institución. El control y distribución del manual de calidad, únicamente se encontrará disponible dentro del área denominada “Soldadura” para su consulta, quedando el original bajo resguardo del responsable de calidad. Cabe señalar que éste documento deberá actualizarse periódicamente, o cuando se realice un cambio en la estructura orgánica de las unidades y líneas de ensamblaje, o en algún otro aspecto que influya en la operatividad del mismo.

Revisión, cambio, corrección y modificación de este manual puede ser total o parcial, siempre y cuando sea registrado el nivel de revisión de tal forma que solamente su última revisión sea la válida.

CONCLUSIONES

1. Las variables esenciales seleccionadas fueron el tipo de junta, metal base, técnica y características eléctricas.
2. Las variables no esenciales seleccionadas fueron suministro de energía, limpieza de puntas y medio de enfriamiento.
3. Las pruebas mecánicas realizadas a los cupones de soldadura arrojaron resultados dentro de las especificaciones de calidad de la empresa Toyota en su extracto TSH5600G, los diámetros de los puntos medidos corresponden a 4,5 y 4,7 mm para una soldadura de tipo A.
4. Se obtuvo una buena adherencia en cada una de las láminas a las que se le realizó prueba de adherencia, todos fueron calificados como “bien”.
5. La especificación de procedimiento de soldadura le proporciona a la empresa el documento donde queda registrado el procedimiento de soldadura que utiliza en las piezas a ser soldadas, capaz de proveer las características requeridas para la aplicación destinada.
6. Con el manual de procedimientos de inspección se logró construir una fuente formal y permanente de información y orientación sobre la manera adecuada de ejecutar un trabajo determinado, disminuyendo las irregularidades o no conformidades de las uniones de soldaduras.
7. El manual sirve como mecanismo de inducción y orientación para el personal de nuevo ingreso, facilitando su incorporación a la empresa.

RECOMENDACIONES

- Estimular en la Universidad la investigación sobre la especificación y calificación de otros procedimientos de soldadura, para afianzar el manejo de normas, códigos y estructuración de documentos.
- Continuar con la especificación y calificación, con el fin de completar todos los procedimientos de soldadura que realiza la empresa, y convertirlos en una herramienta para el aseguramiento de la calidad de las uniones soldadas.
- Elaborar un plan de adiestramiento para los operarios de electropunto e inspectores de calidad, donde se incentive la importante relación entre la calidad de la soldadura, requerimientos del proceso, horas de producción y satisfacción del cliente.
- Realizar actualizaciones periódicas al manual de procedimientos en un lapso de seis meses a un año, para documentar e implementar los cambios, para que no se desactualice la información.


BIBLIOGRAFIA


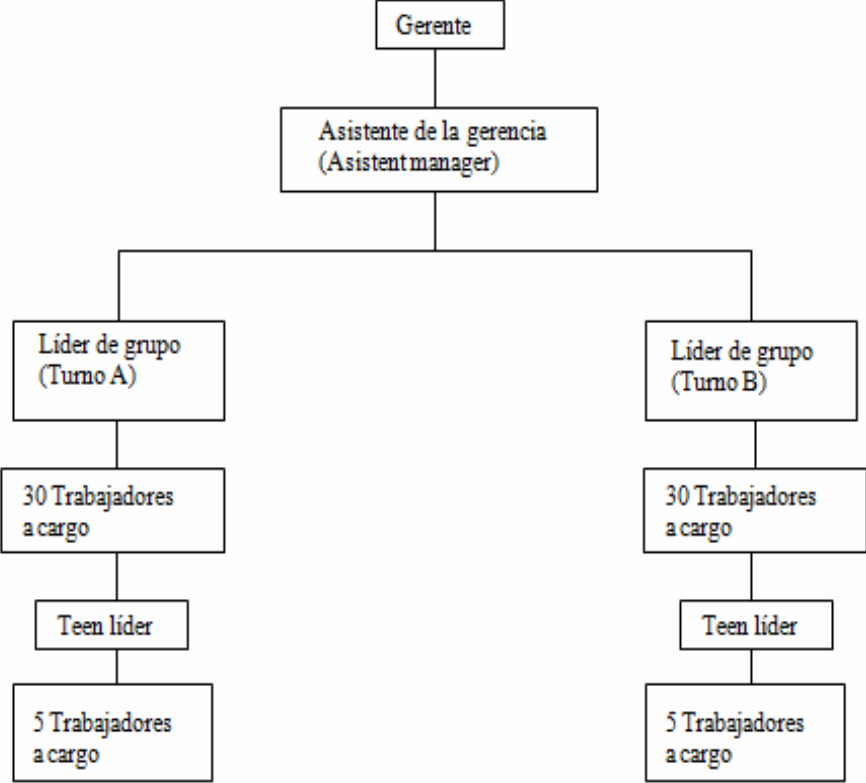
1. Renault A., **“Evaluación de la Calidad del Proceso de Soldadura por Resistencia Eléctrica para la Unión de Carrocería de un Automóvil de la Planta Ensambladora de Vehículos M.M.C. Automotriz S.A.”** .” Tesis de Grado. Departamento de Ingeniería Mecánica. UDO - Anzoátegui. (2007).
2. Cova W., **“Certificación de una soldadura disímil de tipo filete entre una aleación de base níquel con un acero al carbono”**.Tesis de Grado. Departamento de Ingeniería de Mecánica. (2007).
3. Medina D., **“Calificación de procedimiento de soldadura para juntas disímiles en la construcción del proyecto HAMACA CRUDO MEJORADO”**. Tesis de Grado. Departamento Mecánica. UDO-Anzoátegui. (2004).
4. CARY, H. **“Manual de soldadura Moderna.”** Editorial Prentice-Hall Hispanoamérica, S.A. Tomo. Segunda edición. México (1992).
5. Horwitz., **“Enciclopedia de la soldadura”**. Editorial Alfaomega.Tomo I. Ediciones PC. (2002)
6. <http://www.cesvimap.com/e16/PDF/CFElementosFijosEXTRACTO.pdf>
7. Manual del instructor **“ Introducción al sistema de producción Toyota.”**Toyota Motor corporation (1994).
8. **“Soldadura por resistencia al alcance de todos”** (1995).


9. <http://www.cesvimap.com/e16/PDF/MSoldaduraPuntosExtracto.pdf>
10. <http://www.utp.edu.co/php/revistas/ScientiaEttechnica/docsFTP/1641015-156.pdf>.
11. Manual del instructor “**Procedimiento de inspección para la calidad de la soldadura en carrocerías**” Toyota Motor corporation (2007).
12. Código ASME para calderas y recipientes a presión sección IX. Última edición (2001).
13. Manual de tecnología de inspección de soldadura “ **Discontinuidades del metal base y de la soldadura**” (2008).
14. Manual del instructor “**Aspectos técnicos de equipos soldadores de puntos**” (2007)


APÉNDICE

APÉNDICE A: Manual de procedimientos de inspección de la calidad de soldadura por electropunto

 TOYOTA DE VENEZUELA C.A.	MANUAL DE PROCEDIMIENTO DE INSPECCIÓN DE CALIDAD	PAG. 1/28
PROCEDIMIENTO:	DEPARTAMENTO: Calidad	SECCIÓN:
NÚMERO DE PROCEDIMIENTO:	REVISIÓN Nº:	FECHA DE REVISIÓN:
ELABORADO POR: Niurka Peinado	FECHA DE ELABORACIÓN: 05-02-2010	
<p>1. OBJETIVOS:</p> <p>Objetivo general Realizar un manual de calidad para establecer los requerimientos básicos para el control de calidad de la soldadura por electropunto de la planta Toyota de Venezuela C.A.</p> <p>Objetivos específicos</p> <p>Establecer los criterios de evaluación de la calidad de soldadura por electropuntos.</p> <p>Describir los procedimientos de inspección de calidad en los procesos de ruteo interno, inspección final y auditoría.</p> <p>Describir los procedimientos que se deben seguir para solventar los problemas dados en las diferentes áreas de la inspección de calidad.</p> <p>2. Justificación</p> <p>El Departamento de Control de Calidad como estructura de una organización, necesita contar con un manua que abarque los procedimientos y criterios de evaluación inherentes a la inspección de la calidad de las unidades correspondiente al área de soldadura por electropunto de Toyota de Venezuela C.A., así como también constituye una fuente permanente de información y orientación de cómo ejecutar las actividades.</p> <p>3. Alcance</p> <p>Con este proyecto, se pretende que sirva de guía inicial a los involucrados directamente en la supervisión o en las pruebas de soldadura, estandarizar conocimientos para tener un panorama general de dos grandes áreas de la ingeniería: la soldadura y las formas de inspeccionarlas. Como base para entrenamiento de nuevos inspectores de calidad a través de personal calificado basándose en los requerimientos de calidad de la empresa.</p>		

 TOYOTA TOYOTA DE VENEZUELA C.A.		MANUAL DE PROCEDIMIENTO DE INSPECCIÓN DE CALIDAD		PAG. 2/28	
PROCEDIMIENTO:		DEPARTAMENTO: Calidad		SECCIÓN:	
NÚMERO DE PROCEDIMIENTO:		REVISIÓN N°:		FECHA DE REVISIÓN:	
ELABORADO POR: Niurka Peinado			FECHA DE ELABORACIÓN: 05-02-2010		
<p>4. Metodología</p> <p>A través de una investigación de campo, directamente en los lugares donde se desarrollan los procesos de soldadura por electropunto e inspección. Toda la investigación será resumida en un formato prediseñado, en donde se especifican: identificación de los procedimientos, pasos detallados de los procedimientos, quien los ejecuta, fecha de revisión, entre otros.</p>					
<p>5. Estructura de la organización</p>  <pre> graph TD Gerente[Gerente] --> Asistente[Asistente de la gerencia (Asistent manager)] Asistente --> LiderA[Lider de grupo (Turno A)] Asistente --> LiderB[Lider de grupo (Turno B)] LiderA --> TrabA[30 Trabajadores a cargo] LiderB --> TrabB[30 Trabajadores a cargo] TrabA --> TeenA[Teen lider] TrabB --> TeenB[Teen lider] TeenA --> TrabA5[5 Trabajadores a cargo] TeenB --> TrabB5[5 Trabajadores a cargo] </pre>					

 TOYOTA TOYOTA DE VENEZUELA C.A.		MANUAL DE PROCEDIMIENTO DE INSPECCIÓN DE CALIDAD		PAG.3/28
PROCEDIMIENTO:		DEPARTAMENTO: Calidad	SECCIÓN:	
NÚMERO DE PROCEDIMIENTO :		REVISIÓN N° :	FECHA DE REVISIÓN :	
ELABORADO POR: Niurka Peinado		FECHA DE ELABORACIÓN: 05-02-2010		
<p>6. Definiciones:</p> <p>Manual de procedimiento Es un documento de apoyo y consulta integrado por procedimientos de carácter técnico, para sustentar el funcionamiento de tareas de inspección asignados a los distintos grupos, en base a una normativa y metodología autorizada.</p> <p>Material scrap Es aquel material que después de haber sido recibido por el almacén y aprobado por control de calidad, es dañado en alguno de los procesos de almacenaje, manejo o instalación en línea y su recuperación resulta imposible de acuerdo a los dictámenes del departamento de control de calidad.</p> <p>Materiales indirectos Son todos aquellos materiales que son utilizados en el ensamblaje de los vehículos, pero no forman parte del mismo o no puede medir con exactitud la cantidad que se utiliza para el ensamblaje de la unidad. Ejemplo: lijas, tirros, thinner de limpieza, pinturas, etc.</p> <p>Rack Es un armazón metálico en el cual se coloca un determinado número de piezas, las cuales por su forma, tamaño y peso no permiten otro tipo de almacenamiento.</p> <p>Dolly Son carros que se usan para transportar los materiales desde el almacén hasta las líneas de producción.</p> <p>Carta ruta Es una tarjeta de identificación de los materiales que hacen entrada al almacén. La misma especifica la fecha, número de parte, cantidad recibida, proveedor, descripción y otros datos del material.</p> <p>Kanban Es, usualmente, una ficha introducida en una funda rectangular de plástico. Se coloca como identificación a las unidades de acuerdo al modelo, lote serial y color.</p>				

 TOYOTA		MANUAL DE PROCEDIMIENTO DE INSPECCIÓN DE CALIDAD		PAG. 4/28
TOYOTA DE VENEZUELA C.A.				
PROCEDIMIENTO:		DEPARTAMENTO: Calidad		SECCIÓN:
NÚMERO DE PROCEDIMIENTO:		REVISIÓN N°:	FECHA DE REVISIÓN:	
ELABORADO POR: Niurka Peinado		FECHA DE ELABORACIÓN: 05-02-2010		
<p>Programa secuencial de producción Documento que contiene información de la programación de la producción por día durante un mes, es decir, es elaborado mensualmente en base al plan de mercadeo y la capacidad de producción de la planta.</p> <p>Líder de equipo Persona delegada para dirigir una parte del grupo de obreros que conforman un área específica.</p> <p>Líder de grupo Persona que dirige un grupo completo de obreros que conforman un área específica.</p> <p>Obrero De acuerdo a la LOT, persona que realiza el trabajo manual o material.</p> <p>Calidad Es la conformidad de un producto o servicio ajustada a las especificaciones establecidas para el mismo y que corresponde con las necesidades del cliente.</p> <p>Estación de trabajo Es un sitio específico en una línea de producción donde los operarios realizan las operaciones asignadas a su cargo de trabajo. Una estación de trabajo puede abarcar más de un puesto de trabajo.</p> <p>Línea de ensamble o de producción Área de producción que se caracteriza por la adición o agregado de partes para obtener un ensamble final.</p> <p>Electropunto Es el área de la planta donde se realiza el ensamble de las carrocerías de los vehículos. Su nombre se debe a que todas las operaciones que se realizan son con máquinas de soldadura de electropunto.</p>				




 TOYOTA		MANUAL DE PROCEDIMIENTO DE INSPECCIÓN DE CALIDAD		PAG. 5/28	
TOYOTA DE VENEZUELA C.A.		DEPARTAMENTO : Calidad		SECCIÓN :	
PROCEDIMIENTO :		REVISIÓN N° :		FECHA DE REVISIÓN :	
NÚMERO DE PROCEDIMIENTO :		REVISIÓN N° :		FECHA DE REVISIÓN :	
ELABORADO POR : Niurka Peinado		FECHA DE ELABORACIÓN : 05-02-2010			
<p>7. Criterios de evaluación de la calidad de soldadura por electropunto.</p> <p>Faltante de punto La ausencia de puntos debilita la unión de las láminas soldadas y disminuyen la resistencia de las mismas, poniendo en riesgo la seguridad. La figura 1 muestra los criterios de evaluación que se deben seguir.</p>					
					
O Bueno,		Δ Regular,		X Malo	
	Punto de Seguridad	Refuerzos o soportes	Posibilidad de pase de agua	Puntos generales	
X	X	X	X	X	

Figura N° 1, Estándar para faltante de punto.


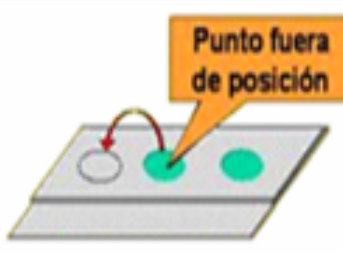

 TOYOTA		MANUAL DE PROCEDIMIENTO DE INSPECCIÓN DE CALIDAD		PAG.628
TOYOTA DE VENEZUELA C.A.				
PROCEDIMIENTO:		DEPARTAMENTO: Calidad		SECCIÓN:
NÚMERO DE PROCEDIMIENTO:		REVISIÓN N°:	FECHA DE REVISIÓN:	
ELABORADO POR: Niurka Peinado		FECHA DE ELABORACION: 05-02-2010		
<p>Punto fuera de posición Según la posición que describe el plano de la pieza donde deben ir los puntos de soldadura, se pueden desviar un máximo de 10 mm si se trata de puntos generales y 5 mm si son puntos de seguridad como lo muestra la figura 2.</p>				
				
O Bueno, Δ Regular, X Malo				
	Punto de Seguridad	Refuerzos o soportes	Posibilidad de pase de agua	Puntos Generales
Desviación de acuerdo a plano $5\text{mm} \geq \text{O}$		Desviación de acuerdo a plano: $:10\text{mm} \geq \text{O}$		
Desviación de acuerdo a plano $< \text{X}$		Desviación de acuerdo a plano: $:10\text{mm} < \text{X}$		

Figura N° 2, Estándar para punto fuera de posición


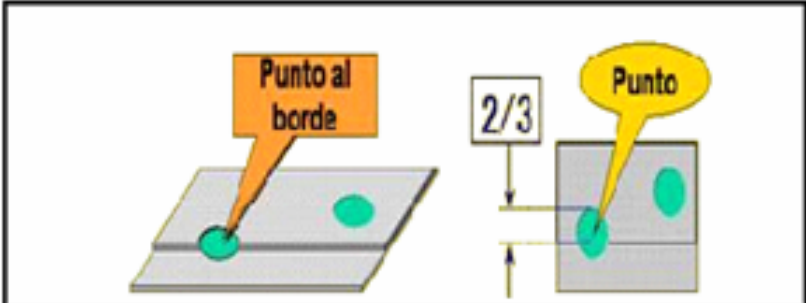

 TOYOTA		MANUAL DE PROCEDIMIENTO DE INSPECCIÓN DE CALIDAD		PAG. 7/28	
TOYOTA DE VENEZUELA C.A.					
PROCEDIMIENTO:		DEPARTAMENTO: Calidad		SECCIÓN:	
NÚMERO DE PROCEDIMIENTO:		REVISIÓN N°:		FECHA DE REVISIÓN:	
ELABORADO POR: Niurka Peinado		FECHA DE ELABORACIÓN: 05-02-2010			
<p>Punto en el borde</p> <p>Una soldadura por punto no debe extenderse más allá del borde de cualquier lámina a ser soldada, para algunos casos la unión de las láminas en los bordes puede aceptarse si ocupa 2/3 de la unión soldada, como lo muestra la figura 3.</p>					
					
O Bueno, Δ Regular, X Malo					
 Punto de Seguridad	Refuerzos o Soporte	Posibilidad de pase de agua	Puntos Generales		
X	Punto $2/3 \leq \Delta$ Punto $2/3 > X$	X	Punto $2/3 \leq \Delta$ Punto $2/3 > X$		

Figura N° 3, Estándar de punto en el borde


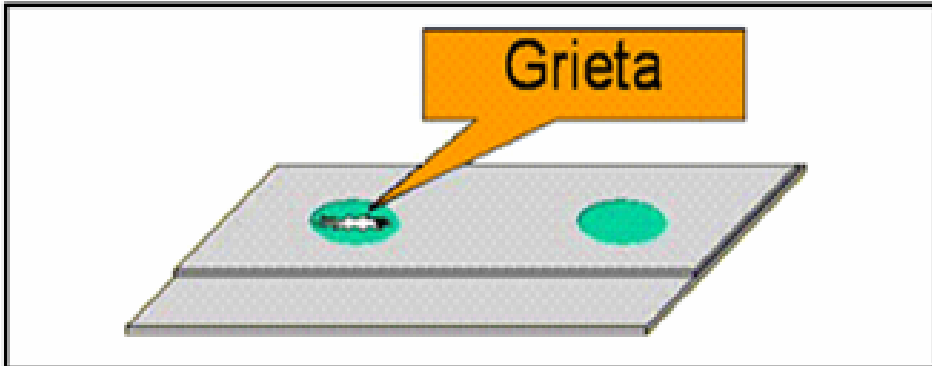

 TOYOTA		MANUAL DE PROCEDIMIENTO DE INSPECCIÓN DE CALIDAD		PAG. 8/28
TOYOTA DE VENEZUELA C.A.				
PROCEDIMIENTO:		DEPARTAMENTO: Calidad		SECCIÓN:
NUMERO DE PROCEDIMIENTO:		REVISION N°:	FECHA DE REVISION:	
ELABORADO POR: Niurka Peinado		FECHA DE ELABORACIÓN: 05-02-2010		
<p>Grieta Fractura del material al concluir la solidificación de la soldadura debido a los esfuerzos por enfriamiento. La fractura puede ocurrir en el metal base como en la soldadura. Como se muestra en la figura 4 las grietas no se aceptan en ningún caso.</p>				
				
O Bueno, Δ Regular, X Malo				
 Punto de Seguridad	(Fire Hazer) Riesgo de incendio	Zonas de posibles pases de agua	Área general	
X	X	X	X	

Figura N° 4, Evaluación para una grieta





 TOYOTA		MANUAL DE PROCEDIMIENTO DE INSPECCIÓN DE CALIDAD		PAG. 9/28	
TOYOTA DE VENEZUELA C.A.					
PROCEDIMIENTO:	DEPARTAMENTO : Calidad	SECCIÓN :			
NÚMERO DE PROCEDIMIENTO :	REVISIÓN N° :	FECHA DE REVISIÓN :			
ELABORADO POR : Niurka Peinado		FECHA DE ELABORACIÓN : 03-02-2010			
<p>Separación de puntos La separación de puntos puede variar por un margen de 10mm para puntos generales y 5mm para puntos de seguridad, influye el área donde puede faltar y la cantidad de puntos como lo muestra la figura 5.</p>					
					
Área		 Punto de Seguridad	Refuerzos o soportes de agua	Posibilidad de pase de agua	Puntos Generales
Condición del defecto					
Dentro de la misma unión de paneles, separado 1 de 5.		X	Δ	Δ	Δ
Dentro de la misma unión de paneles, separado 1 de 5 (al final).		X	X	X	X
Dentro de la misma unión de paneles, separados 2 de 5.		X	X	X	X
Dentro de la misma unión de paneles, separado 1 de 4 o menos.		X	X	X	X

Figura N° 5. Estándar para separación de puntos.

 TOYOTA		MANUAL DE PROCEDIMIENTO DE INSPECCIÓN DE CALIDAD		PAG. 10/28
TOYOTA DE VENEZUELA C.A.				
PROCEDIMIENTO:		DEPARTAMENTO: Calidad		SECCIÓN:
NÚMERO DE PROCEDIMIENTO:		REVISIÓN N°:	FECHA DE REVISIÓN:	
ELABORADO POR: Niurka Peinado		FECHA DE ELABORACIÓN: 05-02-2010		

Separación de un grupo de puntos
 Para un grupo de puntos de soldadura se puede aceptar un faltante de punto siempre y cuando no sea un punto de esquina, ni el último punto que une dos láminas. Como se aprecia en el estándar de la figura 6.

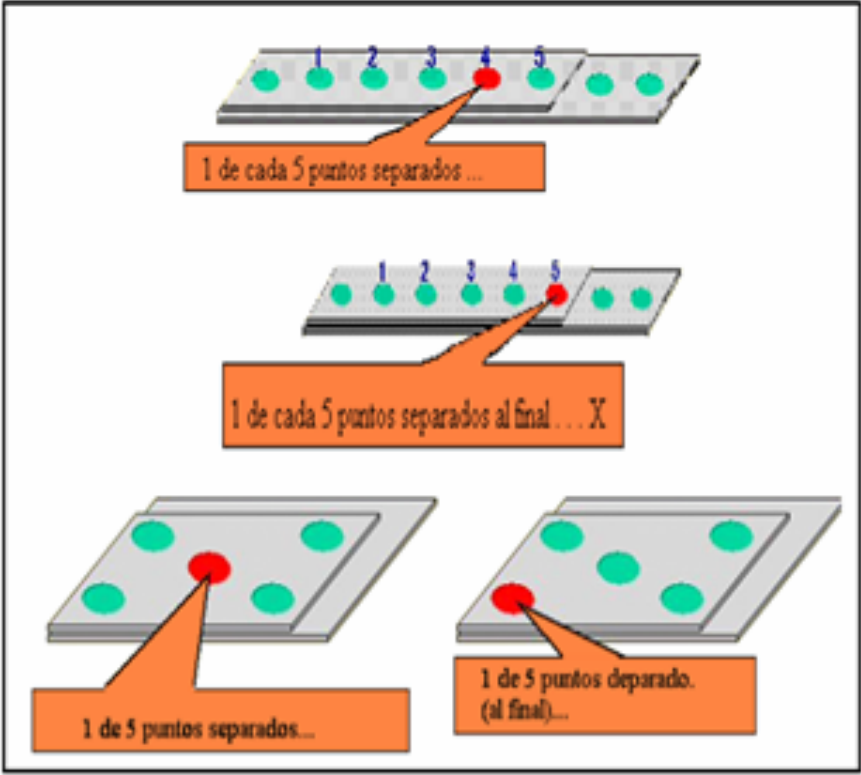


Figura N° 6. Estándar para separación de un grupo de puntos.


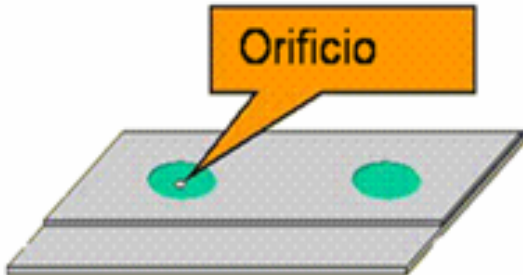




 TOYOTA		MANUAL DE PROCEDIMIENTO DE INSPECCIÓN DE CALIDAD		PAG.11/28
TOYOTA DE VENEZUELA C.A.				
PROCEDIMIENTO:		DEPARTAMENTO : Calidad		SECCION :
NÚMERO DE PROCEDIMIENTO :		REVISIÓN N° :	FECHA DE REVISIÓN :	
ELABORADO POR : Niurka Peinado		FECHA DE ELABORACIÓN : 05-02-2010		
<p>Orificio Espacio hueco que no logró la fusión del metal en la superficie de la lámina, los gases atrapados durante la solidificación tienden a escapar ejerciendo tal presión que originan un orificio, la figura 7 muestra el tipo de evaluación que debe considerarse en las diferentes áreas.</p>				
				
O Bueno, Δ Regular, X Malo				
 Punto de Seguridad	(Fire Hazer) Riesgo de incendio	Zonas de posibles pases de agua	Área general	
1-5 > X 1-5 ≤ Δ				

Figura N° 7. Estándar de evaluación para orificios.


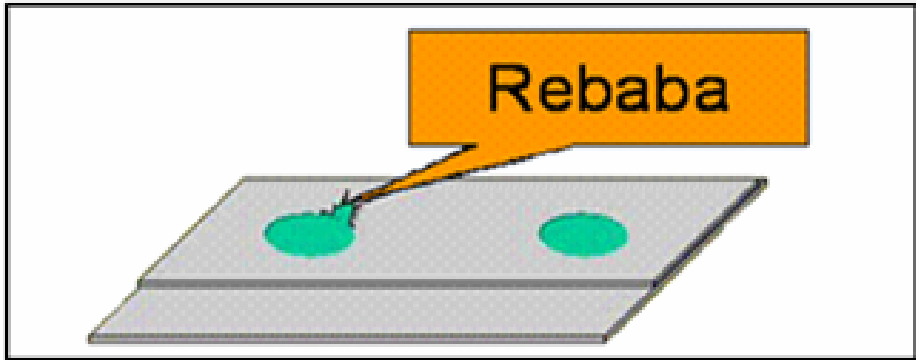





 TOYOTA		MANUAL DE PROCEDIMIENTO DE INSPECCIÓN DE CALIDAD		PAG. 12/28
TOYOTA DE VENEZUELA, C.A.				
PROCEDIMIENTO:		DEPARTAMENTO: Calidad		SECCIÓN:
NÚMERO DE PROCEDIMIENTO:		REVISIÓN N°:	FECHA DE REVISIÓN:	
ELABORADO POR: Njurka Peinado			FECHA DE ELABORACIÓN: 05-02-2010	
<p>Rebaba Porción del material sobrante que se acumula en el borde de la superficie de una lámina soldada por electropunto. Este tipo de defecto se origina cuando los electrodos están desalineados o la punta del electrodo se encuentra oxidada. El estándar de la calidad para su evaluación es como se muestra en la figura 8.</p>				
				
O Bueno, Δ Regular, X Malo				
 Punto de Seguridad	(Fire Hazer) Riesgo de incendio	Zonas de posibles pases de agua	Área general	
Δ	X	X	Δ	

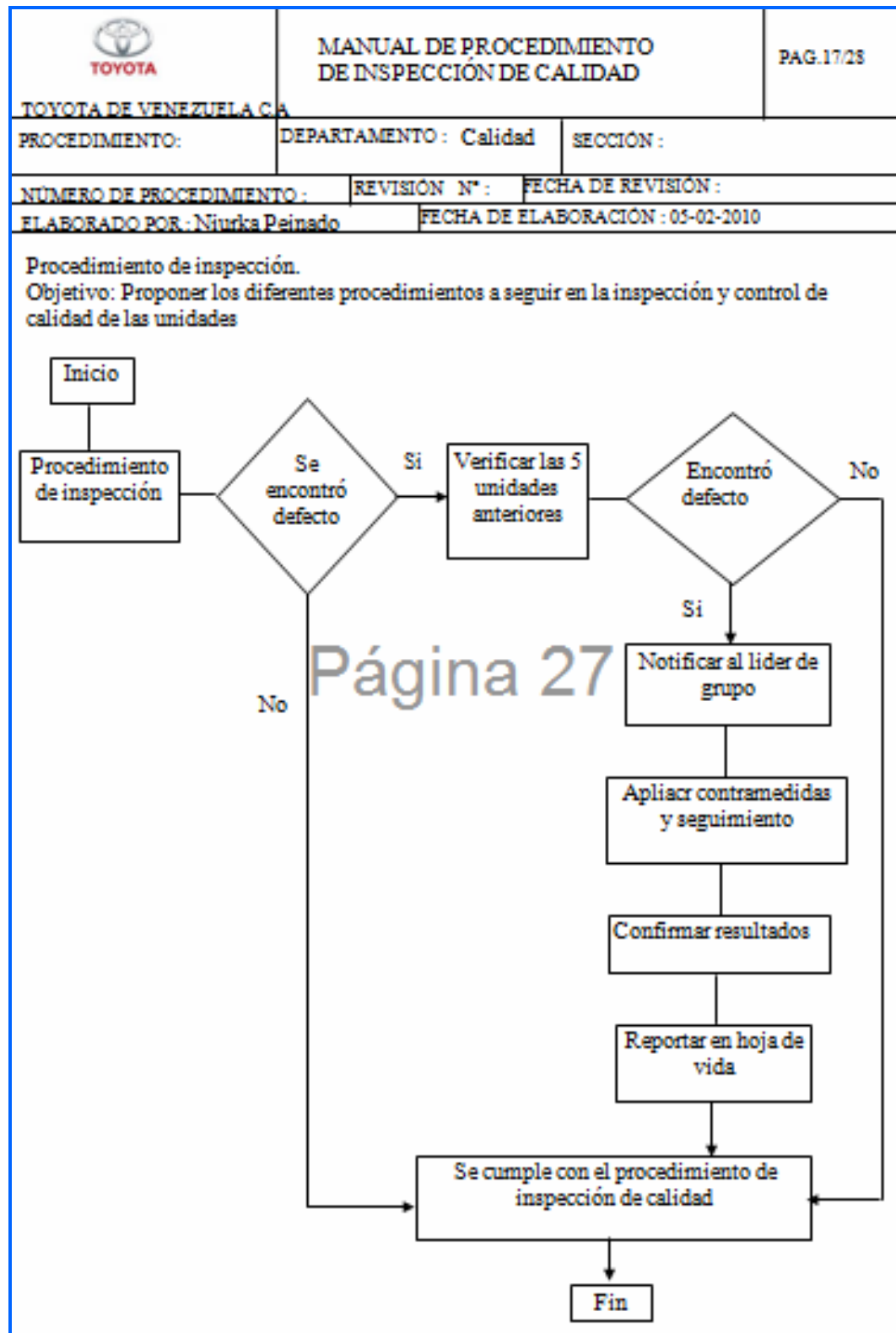
Figura N° 8. Estándar de evaluación para rebabas.

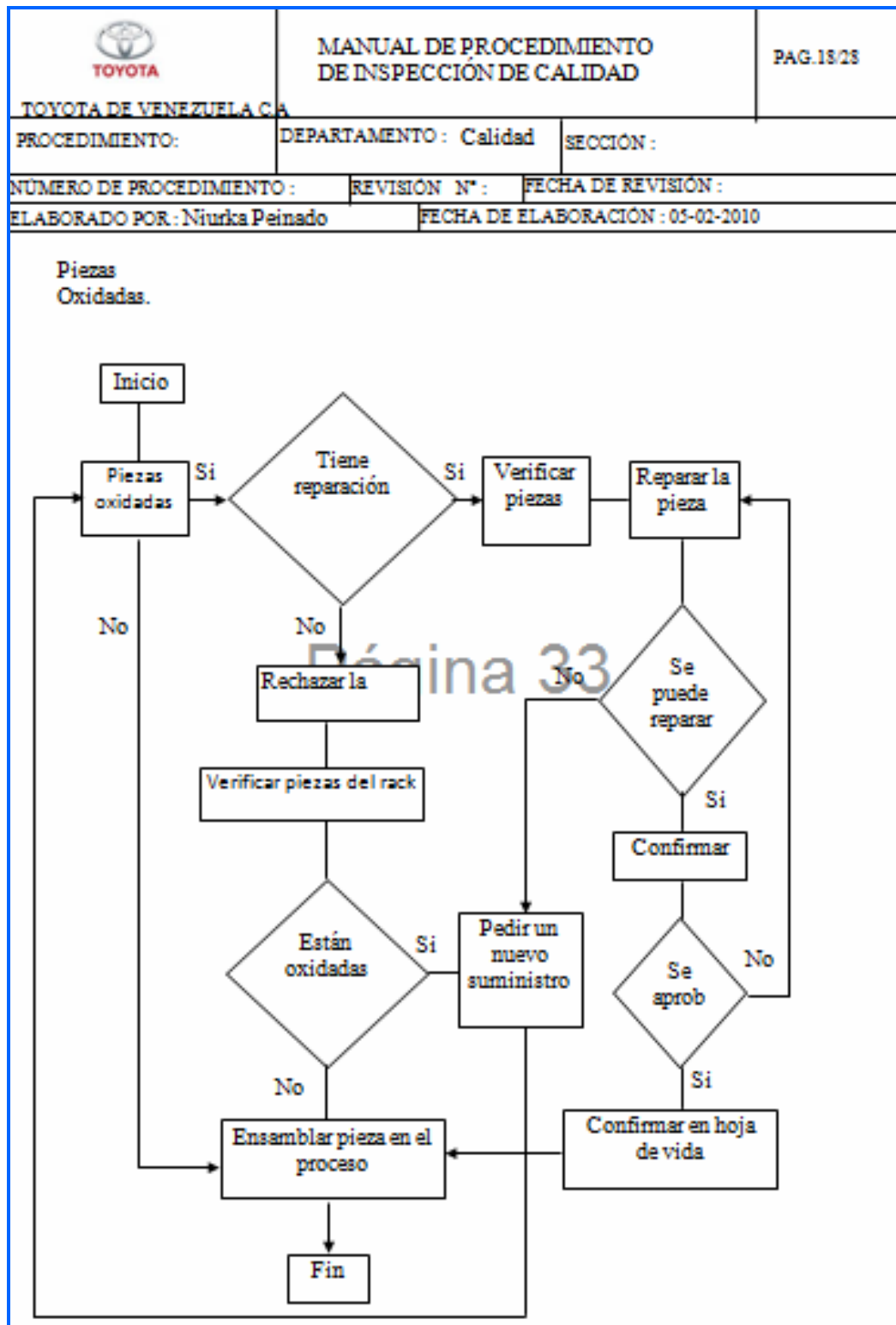
 TOYOTA		MANUAL DE PROCEDIMIENTO DE INSPECCIÓN DE CALIDAD		PAG.13/28
TOYOTA DE VENEZUELA C.A.				
PROCEDIMIENTO:		DEPARTAMENTO : Calidad		SECCIÓN :
NÚMERO DE PROCEDIMIENTO :		REVISIÓN N° :	FECHA DE REVISIÓN :	
ELABORADO POR : Niurka Peinado			FECHA DE ELABORACIÓN : 03-02-2010	
<p>8. Descripción de procedimientos de inspección de calidad en los procesos de ruteo interno, inspección final y auditoría.</p> <p>Descripción del proceso de Ruteo Interno.</p> <p>El proceso de inspección por ruteo interno consiste en verificar cada una de las piezas que serán soldadas, antes durante y después del proceso de electropunto, para asegurar la calidad de las mismas.</p> <p>El encargado debe seguir un mapa o ruta, que le muestra el camino a seguir dentro de la línea de electropunto por donde debe inspeccionar. Esta ruta de inspección está basada en el tiempo tacto (tiempo que tarda una unidad en salir completamente ensamblada de la línea).</p> <p>Durante el recorrido el inspector debe contar con las herramientas que permiten verificar la calidad de la soldadura y al mismo tiempo implementar los criterios de calidad de electropuntos. Los defectos encontrados son reportados en hojas de vida de ruteo interno, y de esta manera llevar el control de éstos.</p> <p>Se utiliza un método de chequeo por muestreo, es decir, se van chequeando diferentes piezas en el transcurso del recorrido de toda la línea de electropunto garantizando la calidad de mínimo una unidad completa correspondiente a un lote, es decir, 10 % de la producción.</p> <p>Procedimiento de Ruteo Interno.</p> <p>Se inicia el recorrido de inspección según la ruta que describe el mapa de ruteo interno, las piezas deben ser marcadas o enumeradas para saber si fueron revisadas y notificar algún defecto (faltante de punto, pernos, tuercas, golpes etc.,) para su reparación.</p> <p>Al ir inspeccionando las piezas se deben poner en práctica los criterios de evaluación de electropunto, para evaluar las piezas.</p> <p>Se inspecciona por muestreo para garantizar la calidad 100% de una unidad por cada lote.</p>				

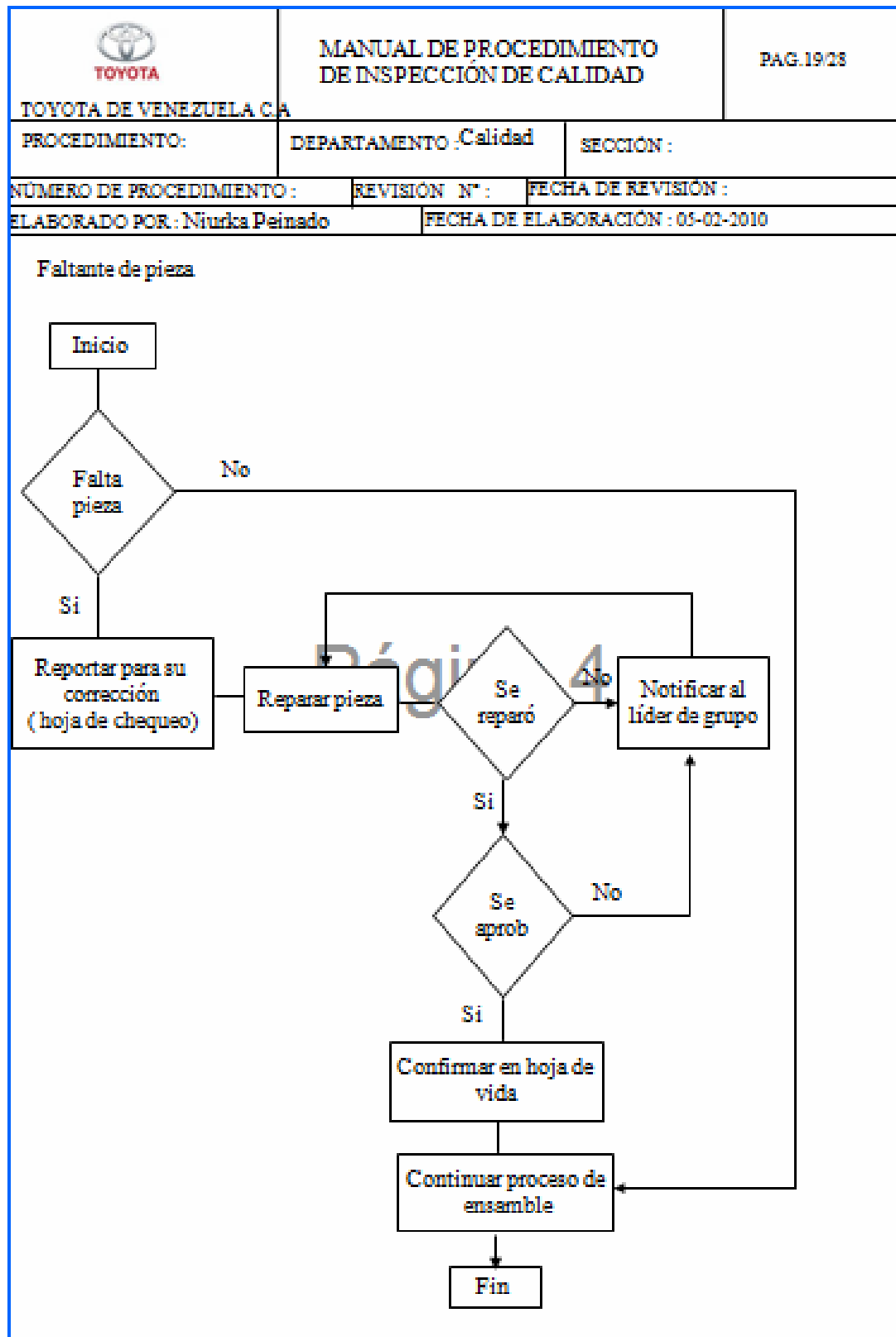
 TOYOTA		MANUAL DE PROCEDIMIENTO DE INSPECCIÓN DE CALIDAD		PAG.14/28
TOYOTA DE VENEZUELA C.A.				
PROCEDIMIENTO:		DEPARTAMENTO: Calidad		SECCIÓN:
NÚMERO DE PROCEDIMIENTO:		REVISIÓN N°:	FECHA DE REVISIÓN:	
ELABORADO POR: Njurka Peinado		FECHA DE ELABORACIÓN: 05-02-2010		
<p>El estado en que se encuentren las piezas se deben reportar en la hoja de vida, y las que presenten defectos se les apliquen las contramedidas correspondientes y llevarles el seguimiento.</p> <p>Los defectos van siendo reparados en el transcurso en que la unidad va siendo ensamblada.</p> <p>Una vez terminado todo el recorrido de la inspección del ensamblaje de las piezas en la línea de electropunto, se comienza nuevamente con la inspección de otra unidad correspondiente a otro lote.</p> <p>Descripción del proceso de inspección. (Final de línea)</p> <p>Proveniente del proceso de electropunto llega la unidad ensamblada donde se le realizará la inspección final en busca de defectos o de la aprobación de la calidad. Para ésto el inspector realiza una minuciosa revisión, tanto interna como externa de la unidad, tomando en cuenta los criterios de calidad de electropunto y en los ítems de defectos superficiales.</p> <p>La inspección se puede comenzar de dos maneras: Una iniciando por el lateral desplazándose alrededor de la unidad hasta llegar a la parte trasera, en este recorrido siempre se visualiza lo que se tiene al frente con respecto a los laterales.</p> <p>Otra forma de comenzar es por el compartimiento de motor se desplaza alrededor de la unidad hasta llegar al lateral, los estándares muestran detalladamente las direcciones de los recorridos y las partes esenciales a inspeccionar.</p> <p>En cada caso se debe inspeccionar la calidad y adherencia de los puntos, tuercas y el estado de la superficie como golpes, rayas, oxido etc.</p> <p>Todos los detalles y defectos encontrados se ubican en una hoja de vida para ser corregidos antes de pasar al siguiente proceso.</p>				

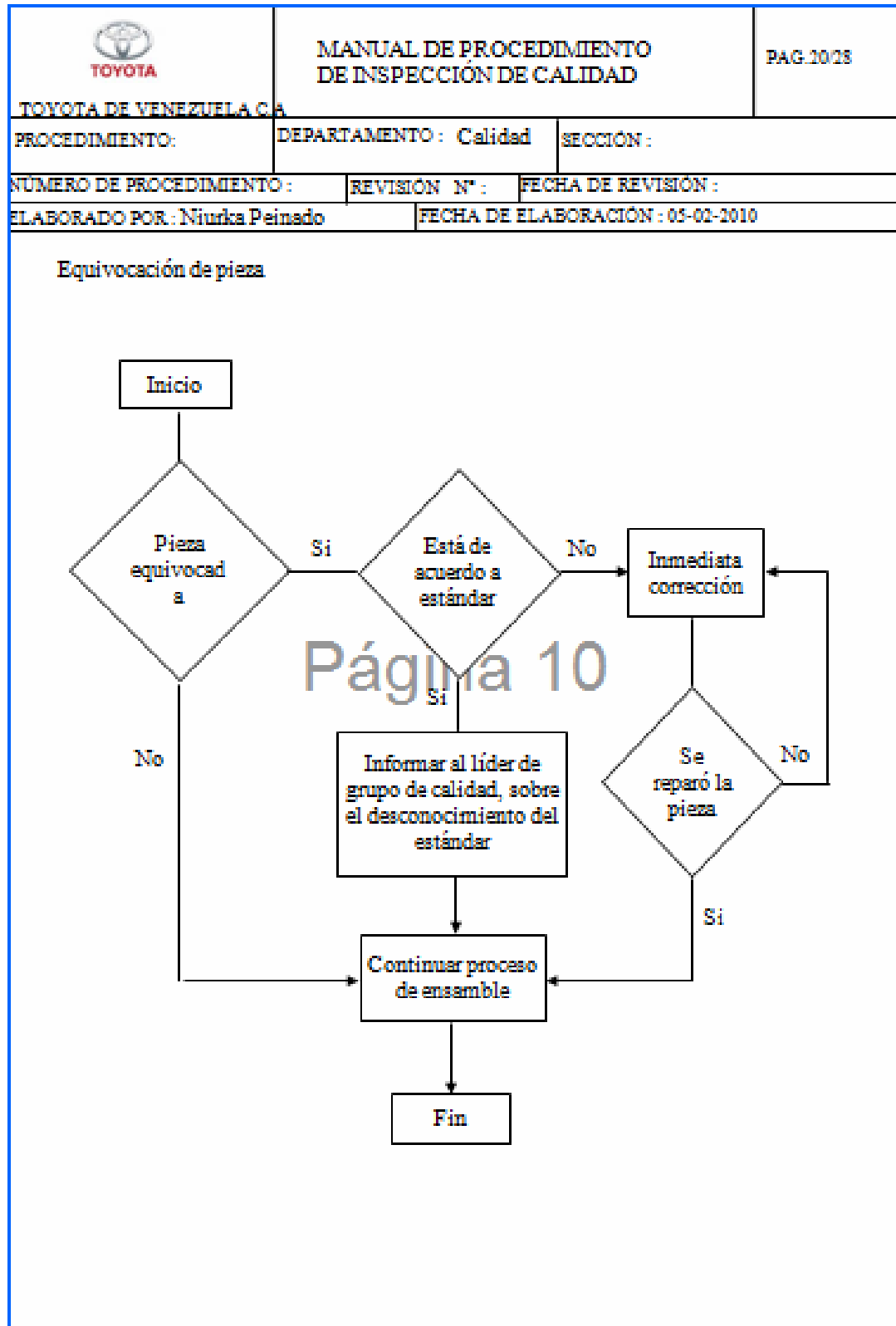
 TOYOTA		MANUAL DE PROCEDIMIENTO DE INSPECCIÓN DE CALIDAD		PAG.15/28
TOYOTA DE VENEZUELA C.A.				
PROCEDIMIENTO:		DEPARTAMENTO: Calidad		SECCIÓN:
NUMERO DE PROCEDIMIENTO:		REVISIÓN N°:	FECHA DE REVISIÓN:	
ELABORADO POR: Niurka Peinado			FECHA DE ELABORACIÓN: 05-02-2010	
<p>Procedimiento de inspección. (Final de línea)</p> <p>Se comienza a evaluar la unidad completamente tanto interna como externamente, se puede realizar de dos formas según la secuencia de inspección: una comenzando por un lateral revisando alrededor de la unidad hasta llegar a la parte trasera y otra comenzar por el compartimiento de motor inspeccionar alrededor de la unidad hasta llegar a uno de los laterales.</p> <p>Se deben contar e inspeccionar la calidad de los pernos, tuercas, adherencia de los puntos cuando se considere necesario y estado superficial de la unidad (golpes, rayas, óxidos etc.,)</p> <p>Se debe ser muy minucioso en la inspección de los puntos de seguridad y de aquellas zonas que puedan presentar riesgo de fuego por algún defecto como una rebaba.</p> <p>Todos los detalles encontrados deben ser ubicados en una hoja de vida para llevar un control, y la unidad debe ser reparada antes de pasar al siguiente proceso.</p> <p>Descripción del proceso de auditoria.</p> <p>La unidad proveniente del proceso de acabado de metal, pasa a ser auditada según los secuenciales que indican que unidad por lote y que piezas serán chequeadas, proceso en el cual, se verifican las dimensiones de parabrisas, compuertas y cuadratura de faros.</p> <p>El auditor encargado coloca el Checking Fixture de la pieza que se vaya a medir, y procede a tomar los valores de medición en los renglones de separación, desnivel y profundidad.</p> <p>Los valores encontrados se comparan con los valores nominales o rangos establecidos en una hoja de chequeo según sea la pieza, y se contabiliza cuantos puntos están en condición OK y cuantos no; de esta manera se puede saber si hay algún problema y en donde lo pueden estar ocasionando.</p>				

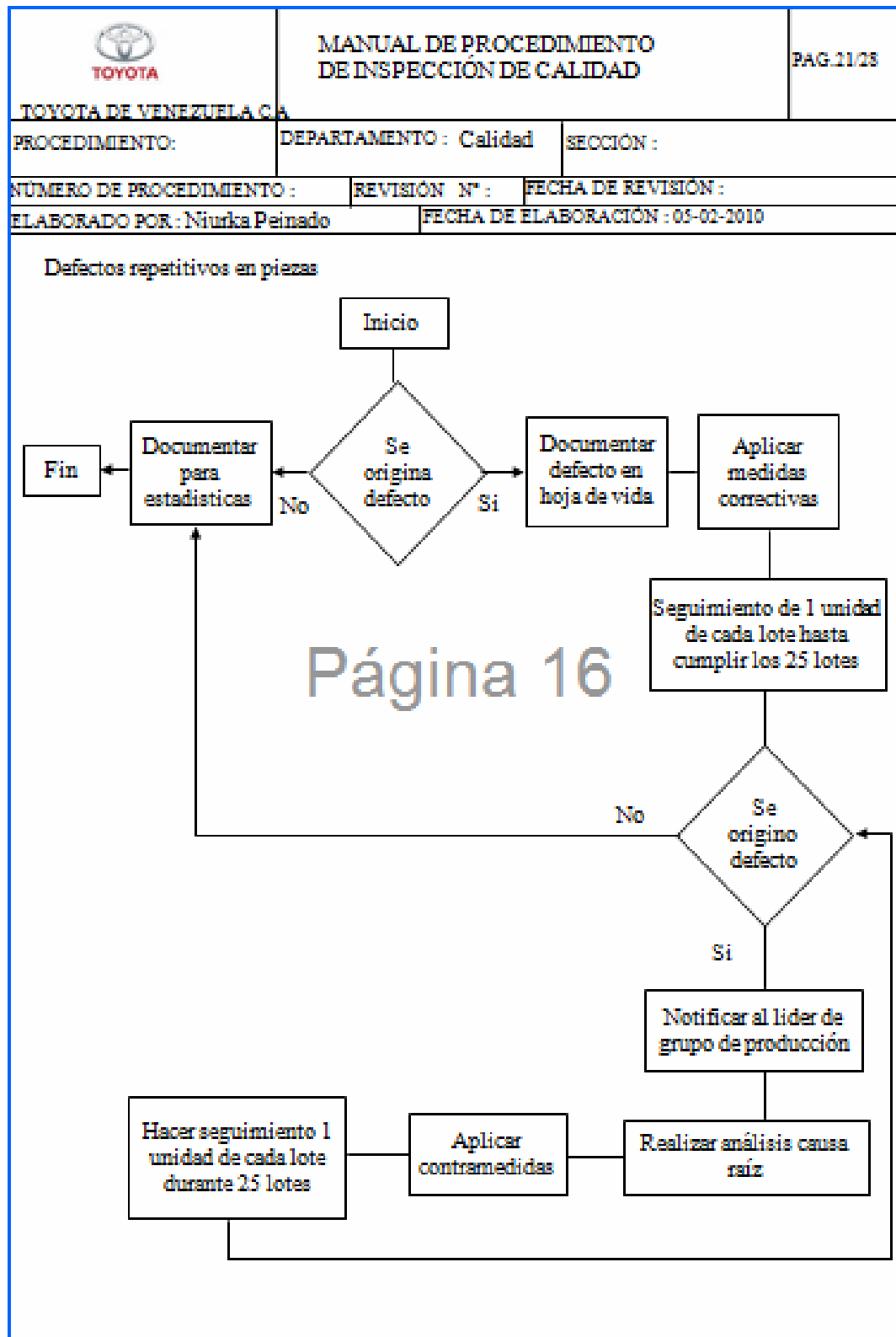
 TOYOTA		MANUAL DE PROCEDIMIENTO DE INSPECCIÓN DE CALIDAD		PAG. 16/28
TOYOTA DE VENEZUELA C.A.				
PROCEDIMIENTO:		DEPARTAMENTO : Calidad		SECCIÓN :
NÚMERO DE PROCEDIMIENTO :		REVISIÓN N° :	FECHA DE REVISIÓN :	
ELABORADO POR: Niurka Peinado		FECHA DE ELABORACIÓN : 05-02-2010		
<p>Se determina el porcentaje de efectividad y dependiendo el valor arrojado la unidad pasa al siguiente proceso o tiene que ser reparada.</p> <p>Los resultados obtenidos son graficados en estándares colocados en cartelera, así como la secuencia del porcentaje de efectividad en el transcurso de las auditorias.</p> <p>Procedimiento de auditoría.</p> <p>Una vez escogida la unidad proceder a colocar los Checking Fixture correspondiente y comenzar a tomar los valores para los renglones de separación, desnivel y profundidad.</p> <p>Los valores obtenidos son anotados y comparados con los valores nominales o rangos de las piezas presentes en la hoja de chequeo.</p> <p>Dependiendo el porcentaje de efectividad arrojado, se decide si la unidad pasa al siguiente proceso o tiene que ser reparada.</p> <p>Cuando los valores no se ajustan al rango se tiene que hacer un análisis del problema y evaluar donde puede estar ocurriendo la variación, con el fin de aplicar contramedidas que pudieran detener los problemas y encontrar mejoras.</p> <p>Emitir un reporte al líder de grupo sobre el problema encontrado y proceder al seguimiento del mismo.</p> <p>9. Descripción de los procedimientos a través de flujogramas que se deben seguir para solventar los problemas dados en las diferentes áreas de la inspección de calidad.</p> <p>INSPECCIÓN DE CALIDAD (Ruteo Interno).</p>				

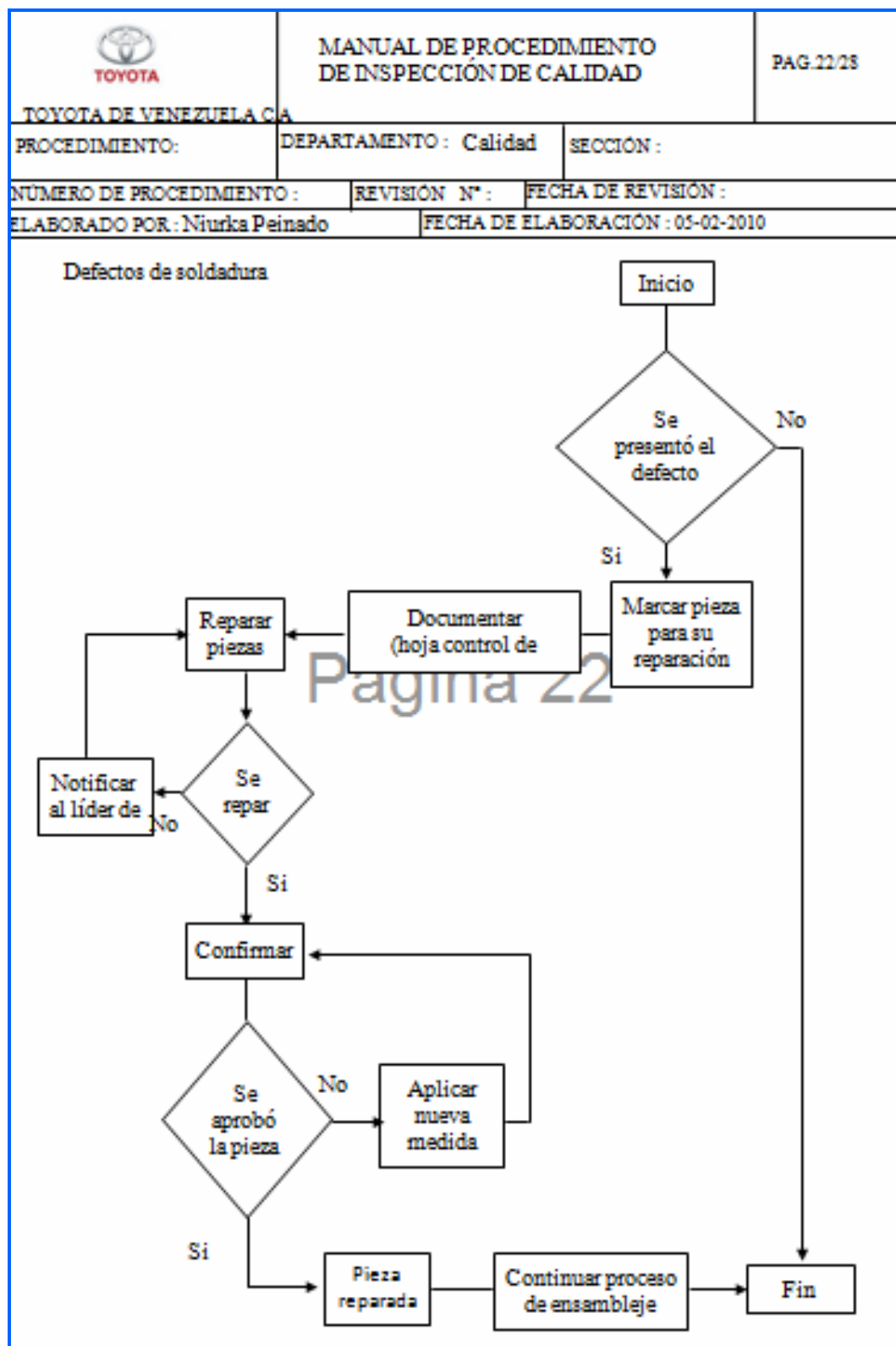





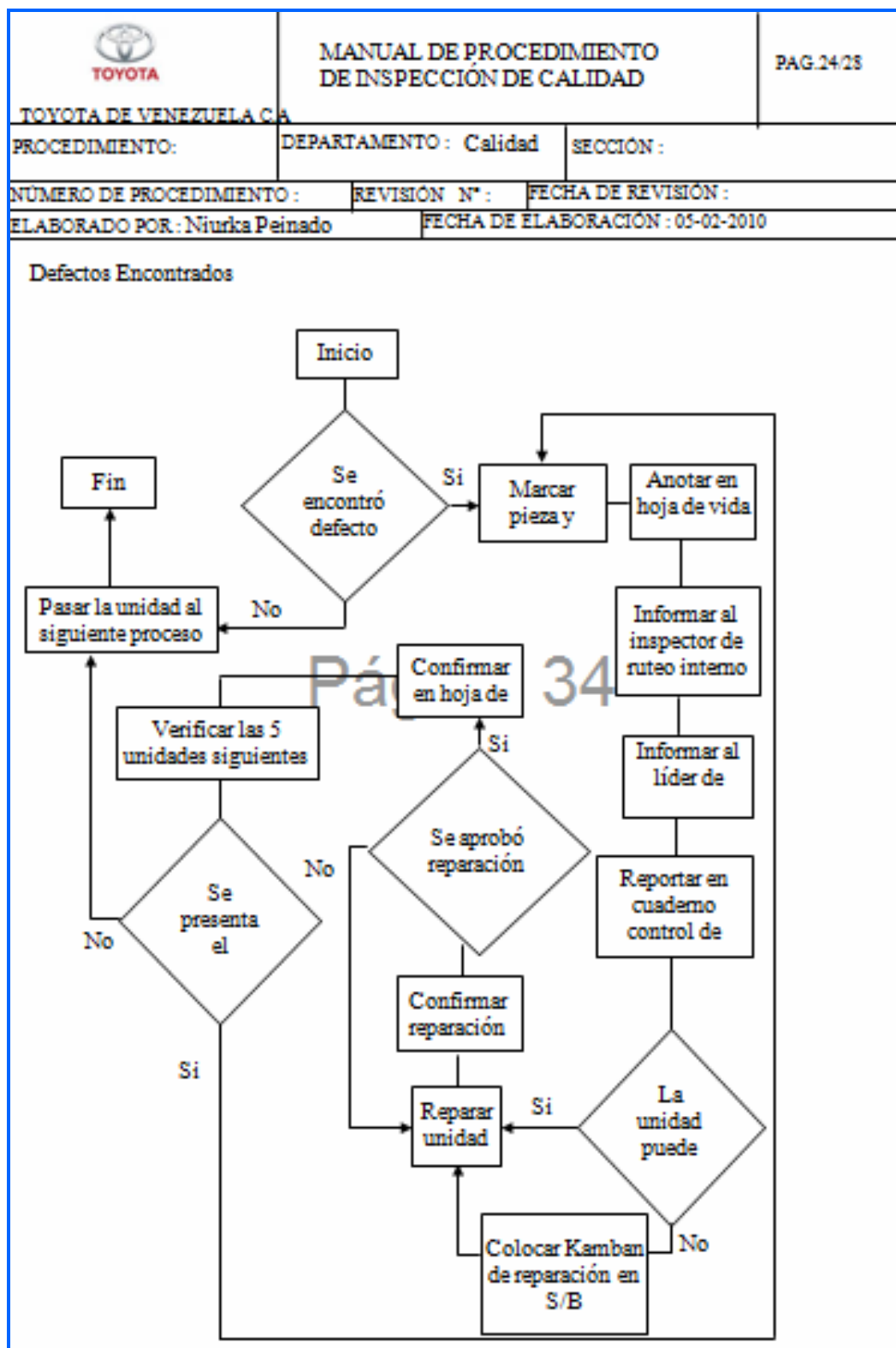


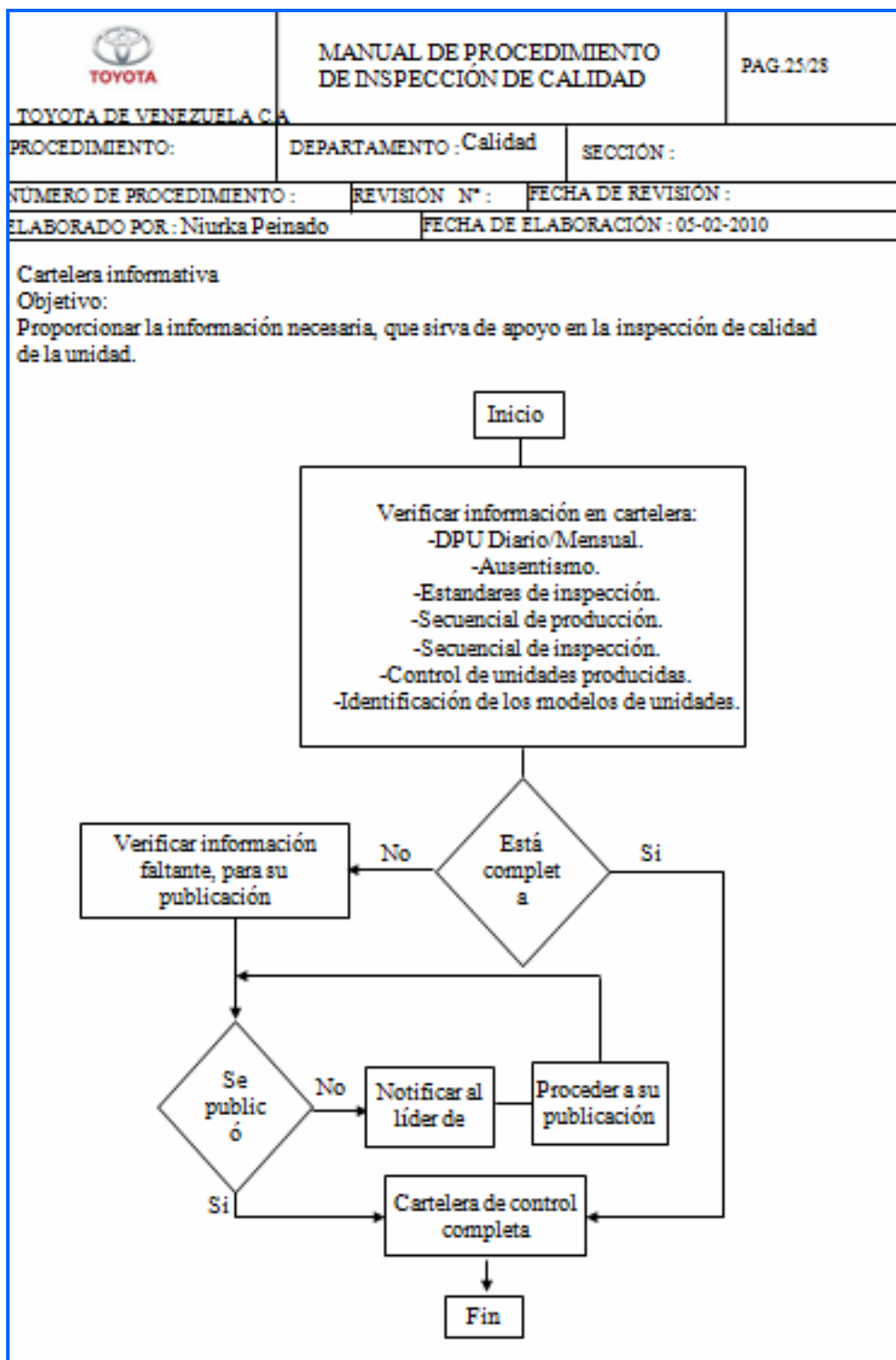


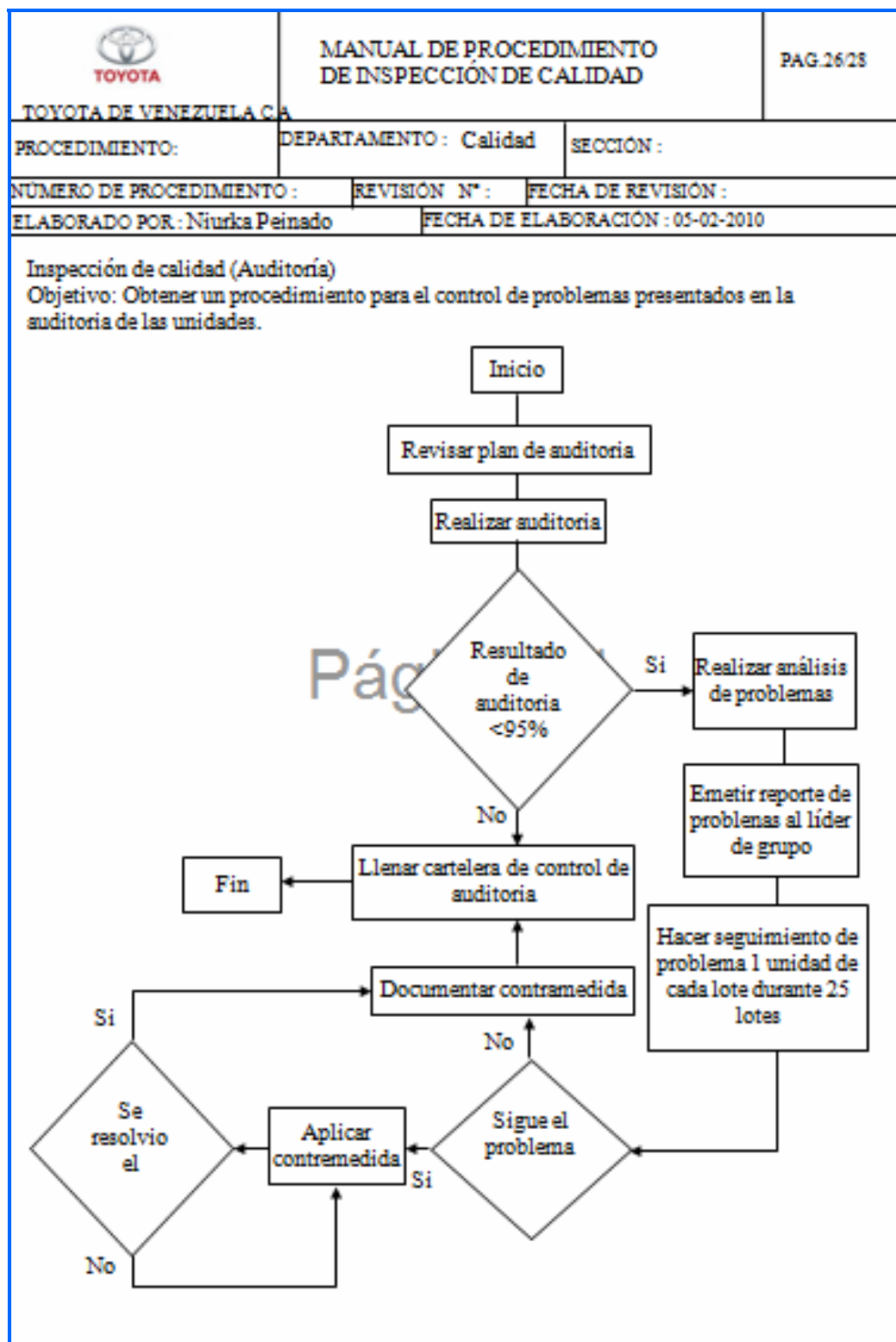


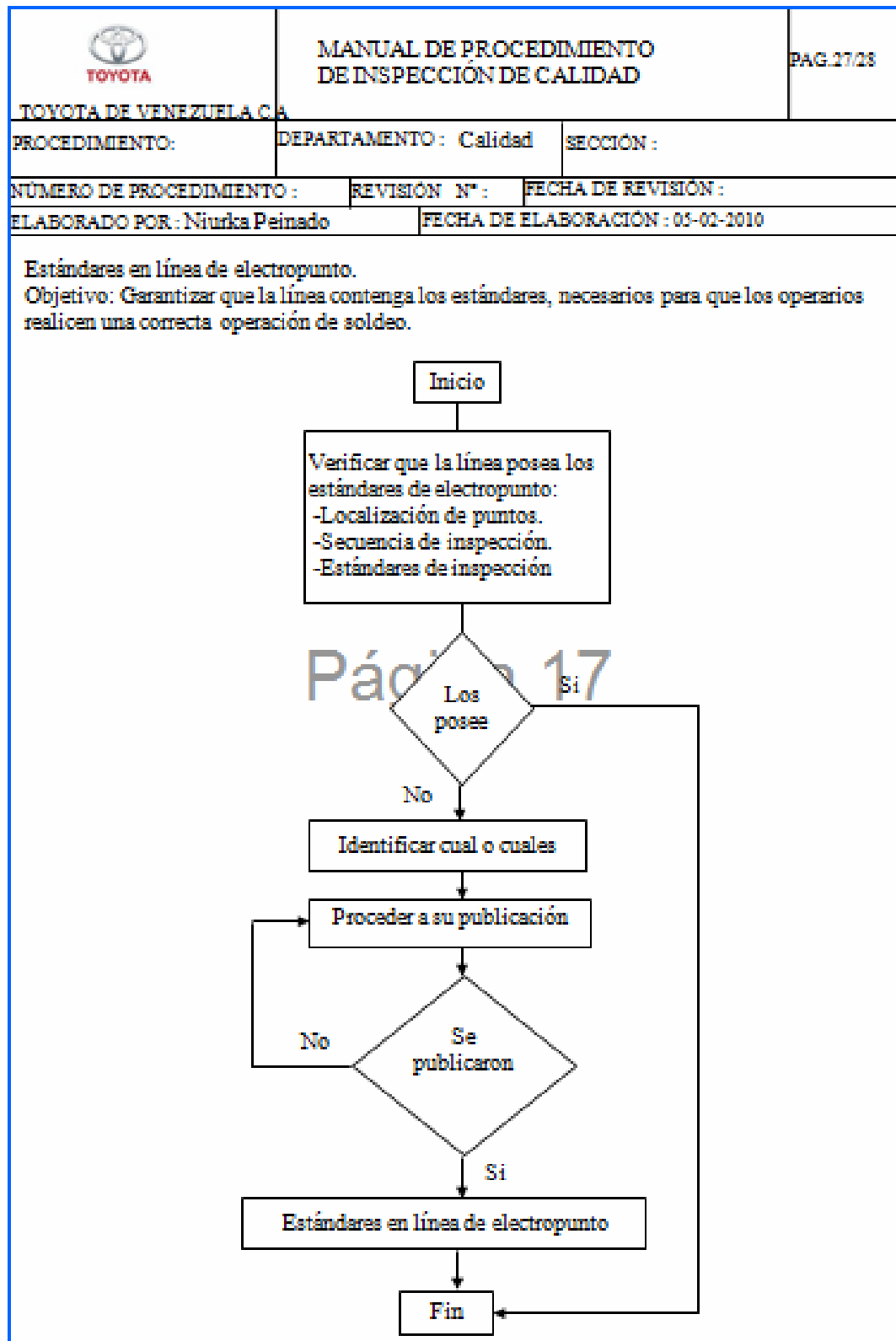


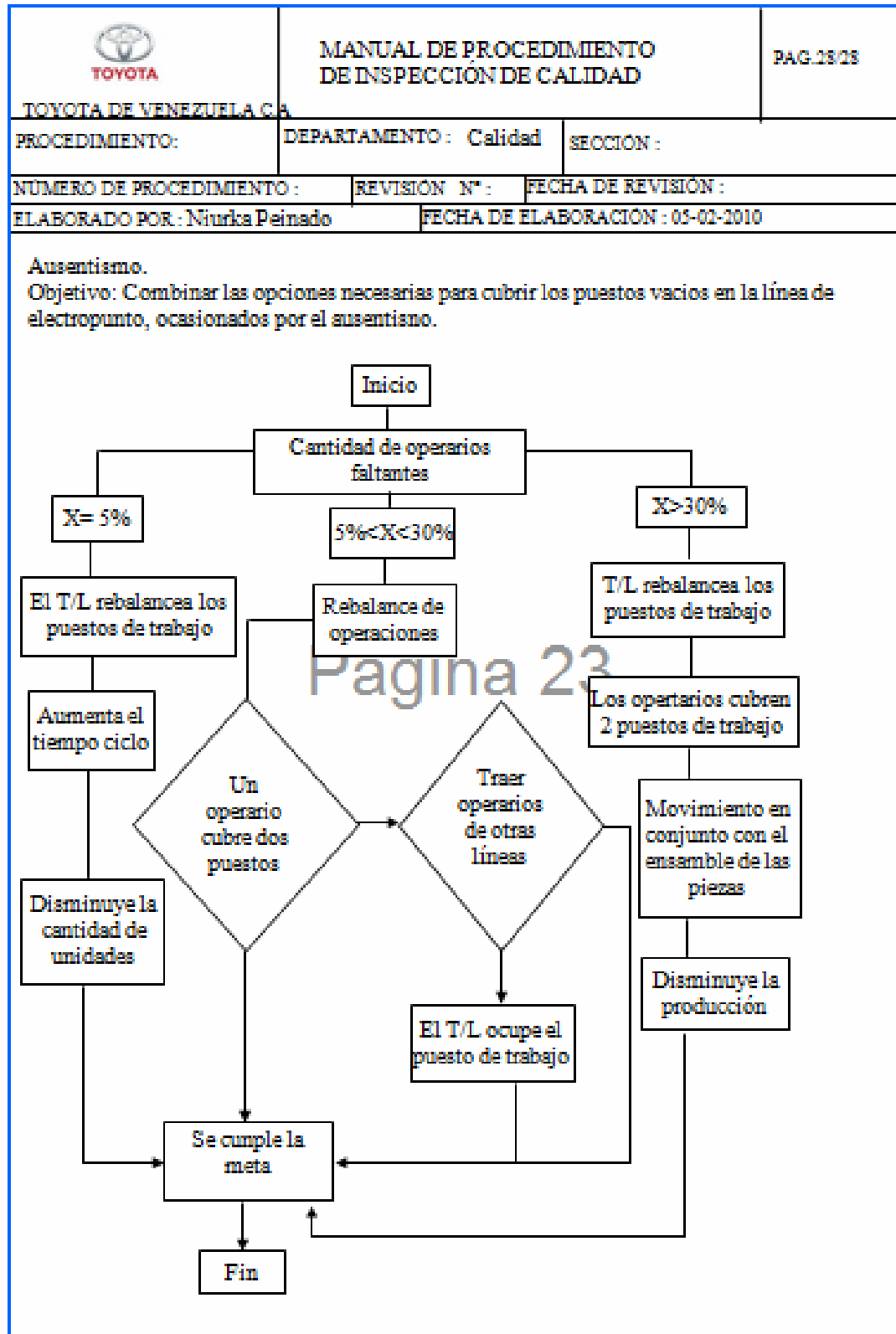
 TOYOTA TOYOTA DE VENEZUELA C.A.		MANUAL DE PROCEDIMIENTO DE INSPECCIÓN DE CALIDAD		PAG. 23/23	
PROCEDIMIENTO:		DEPARTAMENTO: Calidad		SECCIÓN:	
NÚMERO DE PROCEDIMIENTO:		REVISIÓN N°:		FECHA DE REVISIÓN:	
ELABORADO POR: Niruka Peinado			FECHA DE ELABORACIÓN: 03-02-2010		
<p>INSPECCIÓN DE CALIDAD (final de línea).</p> <p>Defectos Encontrados</p> <p>Objetivos:</p> <p>Contar con el procedimiento a seguir, para el control de los defectos encontrados en la inspección final de la unidad.</p>					
<h1>Página 28</h1>					











APÉNDICE B: Propiedades del metal base utilizado para el ensamblaje de los vehículos por Toyota de Venezuela

PROPIEDADES DEL METAL BASE

Composición del metal base.

Análisis Químico													
C	Mn	P	S	Si	Cu	Ni	Cr	Mo	V	Ti	Nb	Al	N(ppm)
0,12	0,55	0.020	0,025	0,10	0,20	0,15	1,100	0,04	0,008	0,008	0,008	0,008	80

Propiedades Mecánicas.

Esfuerzo (Mpa)		A %	Dureza HRB	Espesores laminables (mm)
Fluencia	Máx.			
280 Mínimo	270-410	28 Mínimo.	60 Máx.	0,20-2,0

Donde:

A: Alargamiento según espesor

Nota: Todos los valores son máximos, se encuentran en el registro interno de la de la empresa.

APÉNDICE C: Ejemplo de cálculos

Muestra de cálculos.

- Porcentaje de penetración.

$$\% \text{ penetración} = \frac{t_1}{T_1} \times 100$$

$$\% \text{ penetración} = \frac{7mm}{18mm} \times 100 = 38,9 \%$$

- Diámetro de soldadura.

$$\text{Diámetro del nugget} = \frac{(X + Y)}{2}$$

$$\text{Diámetro del nugget} = \frac{(5mm + 6mm)}{2} = 5,5 \text{ mm}$$

Donde:

X: Largo del botón de soldadura.

Y: Ancho del botón de soldadura.

T₁: Espesor total de las láminas.

t₁: Espesor de la penetración.

**METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y
ASCENSO:**

TÍTULO	CALIFICACIÓN DEL PROCESO DE SOLDADURA POR RESISTENCIA ELÉCTRICA DE UNA LÍNEA DE ENSAMBLAJE DE LA PLANTA TOYOTA DE VENEZUELA.
SUBTÍTULO	

AUTOR (ES):

APELLIDOS Y NOMBRES	CÓDIGO CULAC / E MAIL
Peinado B., Niurka E.	CVLAC: 15.550.424 EMAIL: Niurkelis@Hotmail.Com
	CVLAC: E MAIL:
	CVLAC: E MAIL:
	CVLAC: E MAIL:

PALÁBRAS O FRASES CLAVES

Soldadura por punto

Manufactura

Calificación de soldadura

Especificación de procedimientos

Manual de calidad

METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO:

ÀREA	SUBÀREA
Ingeniería Mecánica	Procesos y Manufactura

RESUMEN (ABSTRACT):

Toyota de Venezuela realiza la unión de la carrocería mediante el proceso de soldadura por resistencia eléctrica (electropunto). En el presente trabajo se realizó una calificación de procedimiento de soldadura basados en el código ASME, que involucra una serie de factores como: juntas, metal base, técnica, las cuales son consideradas variables esenciales para el cumplimiento de las exigencias del código. La especificación del procedimiento de soldadura (EPS) fue utilizada para documentar todos los elementos, variables y factores que se encuentran relacionados con la soldadura. Se realizó una evaluación de la calidad del proceso de soldadura del ensamble de la carrocería, mediante varias formas. Primero para estudiar las propiedades mecánicas, fue necesario una muestra de soldadura del mismo tipo que se emplea en la línea de electropunto, posteriormente se elaboraron láminas soldadas que fueron sometidas a pruebas de macrografía y de adherencia. Una vez obtenidos los resultados fueron comparados con las especificaciones de la empresa. Por otra parte, se elaboró un manual donde se inspecciona la calidad de la soldadura a través de procedimientos establecidos para llevar una secuencia lógica de inspección, así como los pasos a seguir para solucionar problemas que se puedan presentar dentro del proceso de ensamble.

METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO:**CONTRIBUIDORES:**

APELLIDOS Y NOMBRES	ROL / CÓDIGO CVLAC / E_MAIL				
	ROL	CA	AS X	TU	JU
Nottaro, Rómulo.	CVLAC:	11.496.426			
	E_MAIL				
	E_MAIL				
	E_MAIL				
Gómez, Elys.	ROL	CA	AS	TU X	JU
	CVLAC:				
	E_MAIL	Elysgomez@toyota.com.ve			
	E_MAIL				
Martinez, luís.	ROL	CA	AS	TU	JU X
	CVLAC:				
	E_MAIL				
	E_MAIL				
Payares, Felix.	ROL	CA	AS	TU	JU X
	CVLAC:				
	E_MAIL				
	E_MAIL				

FECHA DE DISCUSIÓN Y APROBACIÓN:

2010	03	10
AÑO	MES	DÍA

LENGUAJE. SPA

METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO:**ARCHIVO (S):**

NOMBRE DE ARCHIVO	TIPO MIME
Tesis. Calificación del proceso de soldadura.doc	Microsoft Word 2003

CARACTERES EN LOS NOMBRES DE LOS ARCHIVOS: A B C D E F G H I
J K L M N O P Q R S T U V W X Y Z. a b c d e f g h i j k l m n o p q r s t u v w x y
z. 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9.

ALCANCE

ESPACIAL: _____ (OPCIONAL)

TEMPORAL: _____ (OPCIONAL)

TÍTULO O GRADO ASOCIADO CON EL TRABAJO:

Ingeniero Mecánico _____

NIVEL ASOCIADO CON EL TRABAJO:

Pregrado _____

ÁREA DE ESTUDIO:

Departamento de Mecánica _____

INSTITUCIÓN:

Universidad de Oriente/ Núcleo de Anzoátegui _____

METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO:**DERECHOS**

De acuerdo al artículo 41 del reglamento de trabajos de grado “Los Trabajos de Grado son de exclusiva propiedad de la Universidad de Oriente y sólo podrán ser utilizados para otros fines con el consentimiento del Consejo de Núcleo respectivo, quien lo participará al Consejo Universitario”

Peinado B., Niurka E.

AUTOR

Nottaro, Rómulo

TUTOR

Martínez, Luis

JURADO

Payares, Felix

JURADO

Suárez , Diógenes

POR LA SUBCOMISION DE TESIS