



BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA

Facultad de Ciencias de la Electrónica

Diseño y manufactura de un dispositivo de control para inspeccionar
el soporte de módulo frontal de un automóvil

Fecha: Septiembre 2023

Protocolo de tesis para obtener el título de
Licenciatura en Ingeniería en Sistemas Automotrices

PRESENTA:

Allizon Vanessa Ojeda Velázquez

Director de Tesis:

Dr. Israel Vivaldo de la Cruz

Asesor de Tesis:

Mtro. Juan Carlos Rojas Bravo

TABLA DE CONTENIDO

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN	5
1.1 ANTECEDENTES	5
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	5
1.2.1 JUSTIFICACIÓN	6
1.3.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	7
CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO	8
2.1 CORE TOOLS	8
2.1.1 PLANEACIÓN AVANZADA DE LA CALIDAD DEL PRODUCTO (APQP)	8
2.1.2 ANÁLISIS DE MODO Y EFECTO DE LA FALLA (AMEF)	9
2.1.3 ANÁLISIS DE SISTEMAS DE MEDICIÓN (MSA)	9
2.1.3.1 VERIFICACIÓN POR ATRIBUTOS	9
2.1.3.2 FEELERS GO/ NO GO	10
2.1.3.2.1 PERFIL DE CORTE	10
2.1.3.2.2 PERFIL DE SUPERFICIE	11
2.1.3.2.3 VERIFICACIÓN POR VARIABLES	11
2.1.3.2.4 ESTUDIOS DE REPETIBILIDAD Y REPRODUCIBILIDAD (GAGE G&R-GR&R)	12
2.1.4 CONTROL ESTADÍSTICO DEL PROCESO (SPC)	12
2.1.5 PROCESO DE APROBACIÓN DE LAS FASES DEL PRODUCTO (PPAP)	12
2.2 DISPOSITIVOS DE CONTROL	13
2.3 GEOMETRIC DIMENSIONING & TOLERANCING	14
2.4 DATUMS	15
2.5 NORMA ASME Y14.5 2018	16
2.6 TRATAMIENTOS TÉRMICOS	17
2.6.1 TEMPLE	17
2.6.2 PAVONADO	17
CAPÍTULO 3. METODOLOGÍA	18
3.1 ÁREAS INVOLUCRADAS EN LA EJECUCIÓN DEL DISPOSITIVO	18
3.2 PROCESO PARA LA EJECUCIÓN DEL DISPOSITIVO	20
3.3 ENTREGA DE INFORMACIÓN DEL DISPOSITIVO Y ACUERDOS PARA SU EJECUCIÓN	21
3.4 DISEÑO	24
3.4.1 PLACA BASE	24
3.4.2 DATUMS	24
3.4.3 VERIFICACIÓN POR VARIABLES	26
3.4.4 VERIFICACIÓN POR ATRIBUTOS	27
3.4.4.1 PINES SUELTOS Y RETENIDOS GO/NO GO	28
3.4.4.2 FELERS	29
3.4.5 PROGRAMACIÓN DE MATERIALES Y MANUFACTURA DE COMPONENTES	30
3.4.6 TRATAMIENTOS TÉRMICOS	32
3.4.7 MEDICIÓN DEL DISPOSITIVO	32
3.4.8 INSTRUCTIVO DE OPERACIÓN	34
CAPÍTULO 4. RESULTADOS	36
4.1 DISPOSITIVO	36
4.2 INSTRUCTIVO DE OPERACIÓN	44
CAPÍTULO 5. ANÁLISIS DE RESULTADOS	48
5.1 ESTUDIO GR&R	48
5.2 PIN LIST	51
5.3 REPORTE DIMENSIONAL	52
CAPÍTULO 6. CONCLUSIÓN	53
BIBLIOGRAFÍA	54

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1.1 MÓDULO FRONTAL Y SU SOPORTE DE MÓDULO.....	5
FIGURA 1.2 SOPORTE DE MÓDULO FRONTAL Y COMPONENTES QUE LO INTEGRAN.....	6
FIGURA 2.1 GAGES GO NO GO PARA VERIFICACIÓN POR ATRIBUTOS.....	10
FIGURA 2.2 CARACTERÍSTICA DE VERIFICACIÓN DE UN PERFIL DE CORTE.....	11
FIGURA 2.3 SIMBOLOGÍA DE UN DATUM.....	15
FIGURA 2.4 SISTEMA DE COORDENADAS AUTO.....	16
FIGURA 3.2. PIEZA ORIGINAL.....	24
FIGURA 3.1 MODELO 3D DE LA PIEZA.....	24
FIGURA 3.3 ESPECIFICACIONES DE LA PIEZA EN GD&T.....	25
FIGURA 3.4 CARACTERÍSTICAS PARA VERIFICACIÓN POR VARIABLES.....	26
FIGURA 3.5 DIBUJO GD&T DE PIN GO NO GO.....	28
FIGURA 3.6 DIBUJO GD&T DE FEELER GO NO GO.....	29
FIGURA 3.8 BASE DE DATOS DEL DISPOSITIVO EN ERP INTERNO.....	31
FIGURA 4.1 DISEÑO FINAL DEL DISPOSITIVO.....	36
FIGURA 4.2 DISEÑO FINAL DEL DISPOSITIVO DE CONTROL.....	37
FIGURA 4.3 PLACA DE IDENTIFICACIÓN DEL DISPOSITIVO.....	37
FIGURA 4.8 DISPOSITIVO ENSAMBLADO CON LOS COMPONENTES PRINCIPALES PREPARADO PARA LA PRIMERA MEDICIÓN.....	40
FIGURA 4.9 DISPOSITIVO ENSAMBLADO CASI EN SU TOTALIDAD.....	41
FIGURA 4.10 DISPOSITIVO ENSAMBLADO EN SU TOTALIDAD.....	42
FIGURA 4.11 DISPOSITIVO FUNCIONANDO CON LA PIEZA EN CONDICIÓN DE ENSAMBLE.....	43
FIGURA 4.12 INSTRUCTIVO DE OPERACIONES PARA EVALUAR LA PIEZA POR ATRIBUTOS.....	44
FIGURA 4.13 INSTRUCTIVO DE OPERACIÓN PARA EL MONTAJE DE LA PIEZA.....	45
FIGURA 4.14 INSTRUCTIVO DE OPERACIÓN CON LA PIEZA EN CONDICIÓN DE ENSAMBLE.....	46
FIGURA 4.15 MONTAJE DE LA PIEZA EN EL DISPOSITIVO.....	47
FIGURA 5.1 VERIFICACIÓN POR VARIABLES PARA ESTUDIO GR&R.....	48
FIGURA 5.2. REPORTE DIMENSIONAL DEL DISPOSITIVO.....	52

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 3.1 CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES.....	23
TABLA 3.2 ESPECIFICACIONES PARA DISEÑO DE PUERTOS SPC	27
TABLA 3.3 CARACTERÍSTICAS GENERALES DE FABRICACIÓN Y DISEÑO DEL DISPOSITIVO	34
TABLA 5.1 DATOS RECOLECTADOS DE LA VERIFICACIÓN POR VARIABLES PARA ESTUDIO GR&R.....	49
TABLA 5.2 REPORTE DE MEDICIÓN DE LOS GAGES GO NO GO	51

ÍNDICE DE ESQUEMAS

ESQUEMA 3.1. ÁREAS QUE INTERVIENEN EN LA EJECUCIÓN DEL DISPOSITIVO.....	19
ESQUEMA 3.2. PROCESO PARA LA EJECUCIÓN DEL DISPOSITIVO.	20
ESQUEMA 3.3. REUNIONES DE ENTREGA DE PROYECTO.....	21
ESQUEMA 3.4 PROCESO DE MANUFACTURA DE CADA PIEZA DEL DISPOSITIVO.	30
ESQUEMA 3.5. PROCESO EN CALIDAD PARA PIEZAS DE ACERO DEL DISPOSITIVO	32

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN

1.1 ANTECEDENTES

La industria automotriz ha sido uno de los principales referentes en la economía mundial, pues se caracteriza por ser un mercado en constante crecimiento e innovación, pues se busca satisfacer las necesidades del cliente y al mismo tiempo reducir los costos de producción, uno de los casos más comunes, es la reducción en el peso del vehículo, buscando materiales más económicos, pero al mismo tiempo funcionales [1].

Un claro ejemplo de esta innovación es cuando hablamos del módulo frontal del vehículo, pues es uno de los componentes más importantes. Anteriormente, los módulos frontales consistían en pesados soportes de acero, con el paso del tiempo y una creciente necesidad por la reducción de peso, se ha llevado a cabo una disminución en los componentes hablando de este factor, como es el caso de sus soportes estructurales de los módulos frontales, en lugar de acero y hierro en muchas ocasiones se utiliza plástico-metal, esta parte del módulo frontal es sumamente importante pues en él se ensamblan todos los componentes que lo conforman[1], (Figura 1.1).

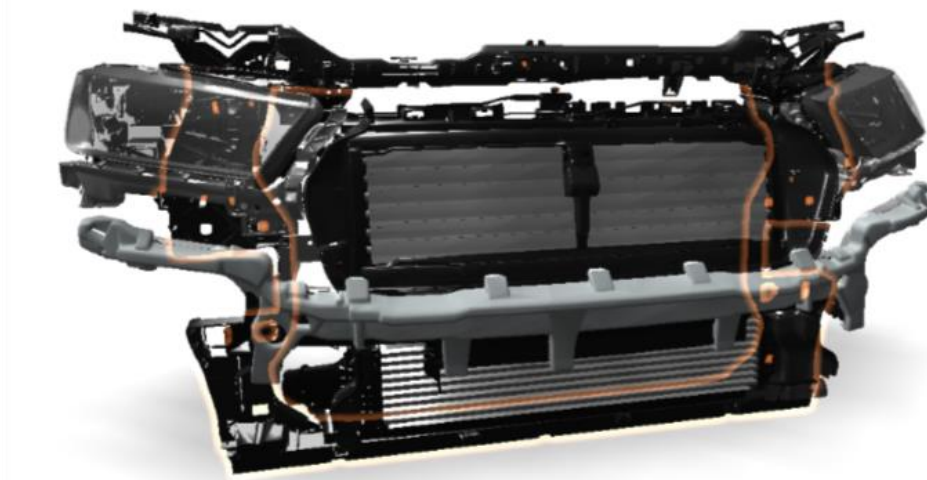


FIGURA 1.1 MÓDULO FRONTAL Y SU SOPORTE DE MÓDULO.

En la Figura 1.1 se puede apreciar un módulo frontal y su soporte estructural ensamblado, este se encuentra resaltado en color naranja.

1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Se requiere diseñar un dispositivo de control que verifique dimensionalmente el soporte del módulo frontal de un vehículo para asegurar su correcto ensamblaje evitando producir piezas defectuosas y generar pérdidas económicas para la empresa, las cuales pueden ser perjudiciales para la producción del vehículo [2] [4].

1.2.1 JUSTIFICACIÓN

El módulo frontal de cualquier automóvil es el encargado de garantizar la rigidez del frente del vehículo, realizar la conexión entre los componentes del módulo frontal y el vehículo completo, la integración de componentes para la protección de pasajeros, así como la integración de funciones visuales, en general, es la incorporación de componentes de refrigeración, sistemas de control de aire, faros y cubiertas de parachoques [1]. En estos se han conservado unas de sus principales características, pues si nos referimos a la apariencia, es la cara del vehículo, es la parte que cautiva al espectador, es por eso que cada vehículo tiene un módulo frontal diferente, siendo este lo que le da la personalidad al auto, por otra parte, si hablamos de su funcionalidad, es un componente estructural principal con la capacidad de ofrecer apoyo y seguridad en caso de algún accidente, ya que consta de hasta 140 partes individuales con miles de variantes y características importantes como la refrigeración por aire, calefacción, iluminación, estilo exterior y estética, es por eso que la innovación en el cambio de material, ha sido un paso importante y funcional para las armadoras [1].

Uno de los principales componentes de estos módulos, es precisamente el soporte del módulo, ya que es la columna vertebral del módulo frontal, pues en él se montan todos los componentes antes mencionados, además de que una de sus funciones principales es la de reforzar la parte delantera del vehículo, Figura 1.2, en la cual se puede ver el soporte del módulo resaltado y sombreado en naranja, así como los componentes que van ensamblados en él y conforman el módulo frontal.

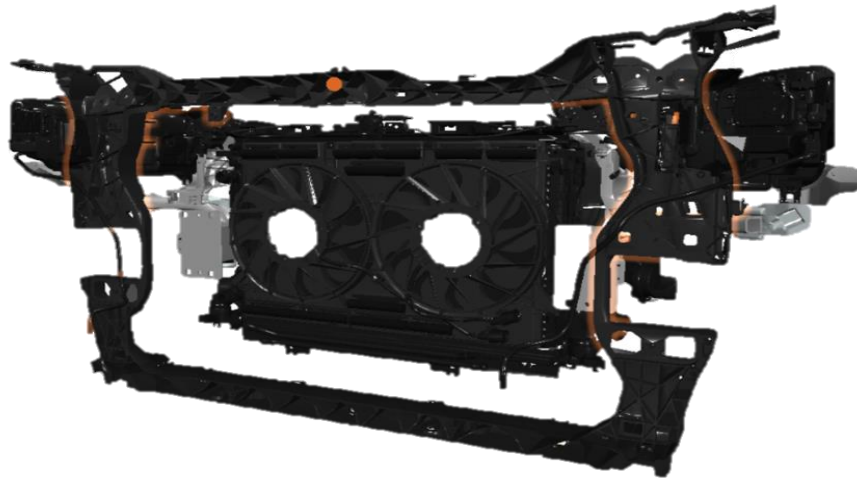


FIGURA 1.2 SOPORTE DE MÓDULO FRONTAL Y COMPONENTES QUE LO INTEGRAN.

1.3 OBJETIVO GENERAL

Diseñar y gestionar el proceso de elaboración de un dispositivo de control de la empresa Arce Tools S.A de C.V, que permita inspeccionar y verificar el soporte del módulo frontal de un vehículo para un correcto ensamble de la pieza que permita reducir desechos de piezas en la línea de producción.

1.3.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Diseñar un dispositivo de control a partir del análisis de las especificaciones técnicas de la pieza.
2. Gestionar las actividades de fabricación del dispositivo teniendo en cuenta la integración de las áreas de la empresa correspondientes.
3. Verificar la correcta fabricación del dispositivo contra la pieza en condiciones de simulación de ensamble.
4. Validar el funcionamiento del dispositivo mediante herramientas estadísticas y de procesos.

CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO.

2.1 CORE TOOLS

Implementar las Core Tools significa cumplir con requerimientos IATF16949, esta norma contiene los lineamientos para establecer un Sistema de Gestión de la Calidad en las organizaciones de la cadena de proveeduría automotriz.

Las Core Tools son herramientas utilizadas en la industria automotriz, que tienen el objetivo de reducir la variación en toda la cadena de suministro y lograr la mejora continua a través de la prevención de errores y riesgos. Se trata de un conjunto de 6 herramientas, cada una enfocada en abarcar ciertos factores que, en conjunto, conducen a la mejora continua. Estas herramientas se denominan: Planeación Avanzada de la Calidad del Producto (APQP), Plan de Control (CP), Análisis de Modos y Efectos de Fallas (FMEA), Proceso de Aprobación de Partes para Producción (PPAP), Análisis del Sistema de Medición (MSA) y Control Estadístico de Proceso (SPC) [10].

2.1.1 PLANEACIÓN AVANZADA DE LA CALIDAD DEL PRODUCTO (APQP).

Advanced Product Quality Planning por sus siglas en inglés, es una metodología que debe seguir un fabricante o proveedor para llegar a un producto determinado definiendo y estableciendo pasos necesarios para asegurar que el producto satisfaga al cliente [9][10].

El APQP cuenta con 5 fases:

- I. *Planeación y definición:* Fase en la que se establecen los objetivos que debe cumplir el producto.
- II. *Diseño y desarrollo de producto:* Se realiza el análisis de fallas del producto y se establecen los requerimientos de las entradas de proceso.
- III. *Diseño y desarrollo de proceso:* Se define la secuencia del proceso para realizar el producto y se crea un plan de control para el mismo.
- IV. *Validación del producto y del proceso:* En esta fase se hacen corridas de producción significativas, se toman muestras y se analiza la habilidad del proceso, para determinar si se cumplen con los objetivos y requerimientos dados.
- V. *Retroalimentación y acciones correctivas:* Fase en la que se planean las mejoras para el proceso según los resultados medidos.

2.1.2 ANÁLISIS DE MODO Y EFECTO DE LA FALLA (AMEF).

Failure Mode and Effects Analysis por sus siglas en inglés, Se encarga de analizar los posibles riesgos de falla en productos y procesos, este se basa en diagramas de causa y efecto, criterios de evaluación, etc, [9][10].

Se tienen los siguientes tipos:

- I. AMEF de diseño: Se usa para analizar componentes de diseños. Se enfoca hacia los modos de falla asociados con la funcionalidad de un componente causados por el diseño.
- II. AMEF de proceso: Se usa para analizar los procesos de manufactura y ensamble. Los modos de falla pueden derivar causas identificadas en el AMEF de diseño.
- III. Otros: Seguridad, servicio, ensamble.

2.1.3 ANÁLISIS DE SISTEMAS DE MEDICIÓN (MSA).

Measurement Systems Analysis por sus siglas en inglés tiene la finalidad de garantizar la calidad de las mediciones (Manual MSA, 2002), es decir, establece las actividades a realizar para estandarizar los métodos de medición y calibración utilizados en un proceso, para validar que los datos obtenidos de dichas mediciones son confiables. El MSA sirve para asegurar que las mediciones son correctas. Antes de hacer modificaciones en el proceso, se debe corroborar que los datos de las mediciones se obtuvieron de manera correcta, con el fin de evitar desechar material bueno, o enviar material malo y tomar decisiones adecuadas.

Algunas características importantes en el MSA son:

- Trazabilidad: Es la propiedad de la medición o el valor estándar mediante el cual puede relacionarse con referencias establecidas.
- Gage: Cualquier dispositivo usado para obtener mediciones. Se usa con frecuencias para referirse específicamente a dispositivos usados en piso. Incluye dispositivos pasa/no pasa [9][10].

2.1.3.1 VERIFICACIÓN POR ATRIBUTOS

Esta verificación es un método sencillo, donde se determina si una característica está dentro o fuera de especificación con un simple pasa, no pasa.

Se diseñan herramientas/gages para aceptar o rechazar la pieza de acuerdo a la característica a verificar (diámetros o distancias) en sus límites superior e inferior de acuerdo a las tolerancias especificadas por las normas (Figura 2.1). Cada pin y feeler es único, se nombra y se diseña para verificar los puntos críticos de la pieza, por lo que las dimensiones y tolerancias son diferentes.

Podemos encontrar diferentes herramientas/gages con estas características:

- Pines Go/No Go (Pasa/No pasa): Estos pines se utilizan para inspeccionar tamaño.
- Pines localizadores: Estos pines verifican la posición del barreno.
- Feelers Go/No Go



FIGURA 2.1 GAGES GO NO GO PARA VERIFICACIÓN POR ATRIBUTOS.

2.1.3.2 FEELERS GO/ NO GO

Verifican zonas de superficie/línea o corte, es decir, la distancia que existe entre la pieza y el dispositivo, utilizando la verificación de corte en las zonas donde la pieza tiene filos en sus cortes y verificación de superficie, en las zonas donde la pieza no tiene cortes y filos [2] (Figura 2.1).

2.1.3.2.1 PERFIL DE CORTE

Es una condición donde un elemento de una superficie de forma arbitraria es una línea de contorno que consiste en arcos, curvas, líneas rectas o segmentos irregulares de línea o cualquier combinación de estas [10] (Figura 2.2).

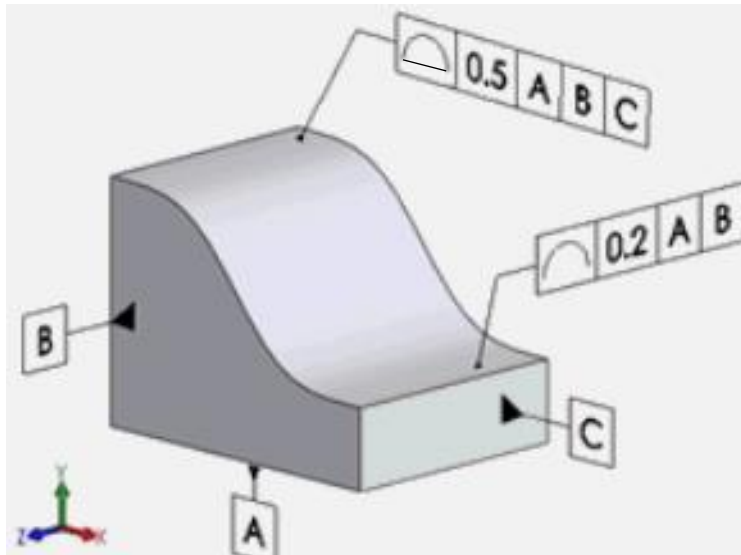


FIGURA 2.2 CARACTERÍSTICA DE VERIFICACIÓN DE UN PERFIL DE CORTE.

De acuerdo con la imagen 2.2, la zona de tolerancia total del perfil de corte es de 0.2 mm en el marco de control A, B.

2.1.3.2.2 PERFIL DE SUPERFICIE

Es una condición donde todos los puntos de una superficie de forma arbitraria, están en dicha superficie, la cual consiste de arcos, curvas, rectas o segmentos lineales irregulares o cualquier combinación de estas [10].

En la zona 2.2 podemos ver la zona de tolerancia total del perfil de superficie es de 0.5 mm en el marco de control A, B, C.

2.1.3.2.3 VERIFICACIÓN POR VARIABLES

Esta verificación cuenta con datos que tienen valor y pueden variar entre una muestra y otra. Para esta verificación se utiliza un reloj indicador, el cual mostrará los valores para ser analizados.

Su evaluación es analizada mediante gráficas de control compuestas por aquellas muestras en el proceso, estas gráficas de control permiten distinguir las causas de alguna variación existente. Luego de identificar alguna anomalía en los gráficos, el paso siguiente es eliminar las causas de estas, logrando un buen proceso de control estadístico [6].

2.1.3.2.4 ESTUDIOS DE REPETIBILIDAD Y REPRODUCIBILIDAD (GAGE G&R-GR&R)

Los estudios GR&R sirven para determinar la fuente de variación en las mediciones. Es una estimación combinada de repetibilidad y reproducibilidad del sistema de medición o dicho en otras palabras, es una medición de la capacidad del sistema [6].

- La Repetibilidad Variación en las mediciones obtenidas con un instrumento de medición cuando se usa varias veces por un mismo evaluador, midiendo la misma característica en la misma parte.
- La Reproducibilidad Es el promedio de mediciones hechas por diferentes evaluadores usando el mismo equipo de medición, en la misma característica y en la misma parte.

El criterio para determinar el resultado del análisis GR&R es:

- Excelente, cuando hay de 0% a 10% de variación.
- Aceptable, cuando hay de 11% a 20% de variación.
- Riesgo, cuando hay de 21% a 30% de variación.
- Inaceptable, cuando hay de 31% en adelante de variación

2.1.4 CONTROL ESTADÍSTICO DEL PROCESO (SPC).

Statistical Process Control por sus siglas en inglés, es un método usado como una técnica estadística como un control gráfico para analizar el proceso y/o tomar acciones para corregir alguna anomalía en el proceso y mejorarlo [6].

Existen 2 fases en el estudio SPC:

- I. Identificar y eliminar las causas de la variación en el proceso.
- II. La segunda fase consiste en predecir el futuro de las mediciones. Una vez estable el proceso puede ser analizado para determinar si es capaz de producir lo que el cliente desea.

2.1.5 PROCESO DE APROBACIÓN DE LAS FASES DEL PRODUCTO (PPAP).

Product Part Approval Process por sus siglas en inglés, es un método que sirve para asegurar que todos los registros y especificaciones de ingeniería del cliente sean entendidos con claridad. En otras palabras, esta herramienta proporciona evidencia necesaria para garantizar que la organización puede cumplir con la demanda del cliente, siguiendo los requerimientos y el tiempo especificado [9][10].

Algunos elementos del PPAP son:

- i. Registros de Diseño: Si el cliente es responsable de este diseño es una copia del plano del cliente que se envía junto con la orden de compra (PO). Si el proveedor es responsable del diseño, es un dibujo publicado en el sistema de liberación del proveedor.
- ii. Autorización de cambio de ingeniería: un documento que muestra la descripción detallada del cambio. Por lo general, este documento se denomina “Notificación de cambios de ingeniería”.
- iii. Aprobación de Ingeniería: esta aprobación es generalmente el juicio de ingeniería con piezas de producción realizadas en la planta del cliente.
- iv. AMEF: una copia del AMEF análisis y modo de falla de producción, revisado y firmado por el proveedor y el cliente. El PFMEA sigue los pasos de flujo de proceso, e indicar “qué podría ir mal” durante la fabricación y el montaje de cada componente.
- v. Sistema de Análisis de Medición (MSA): contiene generalmente el estudio R&R de las características críticas, y una confirmación de que los indicadores utilizados para medir estas características son calibrados.
- vi. Resultados Dimensionales: una lista de todas las dimensiones registradas en el dibujo. Esta lista muestra la característica de producto, la especificación, los resultados de la medición y la evaluación de la muestra si esta dimensión está “bien” o “mal”.
- vii. Requisitos específicos del cliente: Cada cliente puede tener requisitos específicos que se incluyen en el paquete PPAP.

2.2 DISPOSITIVOS DE CONTROL

Un dispositivo de control o Checking Fixture es un dispositivo de sujeción e inspección que se fabrica bajo diseño partiendo desde un modelo 3D y 2D proporcionado por el cliente, que tiene como función el lograr inspeccionar puntos críticos de una pieza o un producto. El dispositivo checking fixture es único, pues es diseñado y fabricado para controlar dimensionalmente sólo una pieza. Normalmente la tolerancia de fabricación deberá ser 10% más preciso que la tolerancia de la pieza a verificar. Este verifica la pieza simulando condiciones de ensamble, verifica partes repetitivas asegurando la misma alineación y posición de la parte [4].

Antes de la fabricación del Checking Fixture se requiere de presentar una propuesta diseñada en 3D para la validación por el cliente, entonces los Checking Fixture son fabricados con materiales de primera calidad para asegurar un alto rendimiento y son extremadamente durables.

Un Checking Fixture o dispositivo de control es una herramienta de control para medición y calidad que se utiliza en la industria para comprobar la calidad de componentes que tienen

formas complejas. Los checking fixtures no se utilizan para fabricar componentes, sino para aceptar o rechazar componentes ya fabricados según la precisión dimensional de calidad y medición. Los fabricantes de partes y componentes automotrices buscan ayuda en la verificación de accesorios para inspeccionar la precisión dimensional de sus productos. También inspeccionan los componentes en busca de distorsiones, rayones, fallas en calidad y verifican si las partes que conforman el componente están todas alineadas correctamente. En resumen, un dispositivo de control proporciona una certificación de que el producto cumple con todos los requisitos de calidad para una operación segura [4].

Los Dispositivos Checking Fixtures sirven para verificar la pieza a analizar a través de una simulación de condiciones de ensamble para asegurar la alineación de la pieza y evitar el continuo desecho de piezas. Además, verifican forma, posición verdadera, distancias o banderas de referencia con puntos estadísticos “SPC”. Para comprobar la forma de la pieza, en los Dispositivos Checking Fixtures, se emplean pernos guía de alineación, los puntos “SPC” son guiados por pernos e indicadores para cumplir con los controles estadísticos del producto.

Los dispositivos ‘Checking Fixtures’ pueden medir los siguientes parámetros:

- Posición Verdadera
- Diámetros
- Forma
- Distancias

Cada uno de estos dispositivos son fabricados a la medida del requerimiento del cliente. Algunos conceptos para tomar en cuenta son:

- Clamps: Herramientas que se utiliza normalmente para ubicar de forma segura componentes o piezas en su posición como parte de un proceso de producción.
- Net: Elemento del dispositivo que forma parte del marco de control.

2.3 GEOMETRIC DIMENSIONING & TOLERANCING

GD&T por sus siglas en inglés, son las “especificaciones geométricas del producto (GPS) — tolerancia geométrica— tolerancia de forma, orientación y ubicación”. En resumen, las “especificaciones geométricas del producto” se refieren a la forma, tamaño y relación posicional de un producto, mientras que “tolerancia” significa el error permitido [11].

Es un lenguaje simbólico universal utilizado para comunicar las limitaciones y tolerancias de fabricación. La implementación de Tolerancias y dimensiones geométricas tiene como objetivo evitar confusiones, desperdicios y reelaboraciones, todo lo cual resulta en una pérdida de negocios.

El GD&T nos ayuda a controlar y comunicar las variaciones en los procesos de fabricación, asegurando que se minimicen adecuadamente y no perjudiquen la eficiencia de las piezas diseñadas. El sistema GD&T se usa comúnmente en muchas industrias diferentes, incluidas la automotriz, la electrónica, la médica, la de equipos pesados, la aviación y otras [10].

La norma bajo la cual se utilizan los lineamientos del GD&T y diseño para este proyecto, es la ASME Y14.5 Vigente [2].

2.4 DATUMS

Es el origen a partir del cual se establecen las características geométricas o de localización de la parte.

La característica de un datum se identifica en los dibujos por una letra mayúscula encerrada en un recuadro o círculo donde puede utilizarse cualquier letra [11] (Figura 2.3).

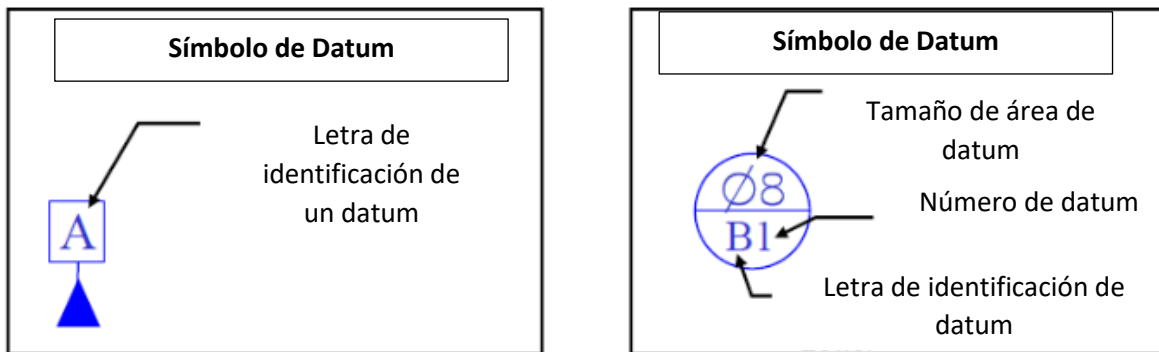


FIGURA 2.3 SIMBOLOGÍA DE UN DATUM.

También llamado marco de control, son los elementos que de manera gráfica en el dibujo técnico de la pieza (GD&T) se encuentran comúnmente como barrenos y slots. En el dispositivo, los datums son las piezas que se insertan en esos barrenos y slots.

Los Datums son responsables de darle posición a la pieza, pero su función más importante es restringir la pieza en sus seis ejes de libertad, traslación (X, Y, Z) y rotación (ϕ, θ, ψ) al restringirlos la pieza se puede medir en su estado fijo, ya que una pieza no se puede medir si está en movimiento como se muestra en la Figura 2.4. Estos deben de estar distribuidos a de manera considerable en la pieza para tener mayor estabilidad al momento de realizar cualquier evaluación [10].

En metrología se utiliza la regla “3,2,1” o también llamado “Plano, Línea, Punto”, esta regla busca eliminar el movimiento de la pieza por partes hasta lograr fijarla en sus seis ejes de libertad [10].

- Plano/3: “Plano de Nivelación/Nets de asentamiento”, son los datums responsables de fijar la pieza en el plano restringiendo 3 ejes de libertad, 1 eje de traslación (X) y 2 de rotación (θ, ψ).

Estos datums se utilizan para asentar la pieza en el dispositivo, generalmente tienen forma circular y el tamaño se especifica en el GD&T.

- Línea/2: “Pin 2 vías/Anti-giro”, es el datum responsable de evitar el giro de la pieza eliminando el último grado de libertad (Y) y por su forma con un par de caras rectas y el otro par en forma de pirámide, cumple la función de un anti-giro y dar posición en el otro extremo de la pieza.
- Punto/1: “Pin 4 vías/Origen”, es el datum responsable de restringir la pieza en 2 ejes de libertad, 1 eje de traslación (Z) y 1 eje de rotación (ϕ). Por su forma circular también cumple la función de dar posición en una de sus características.

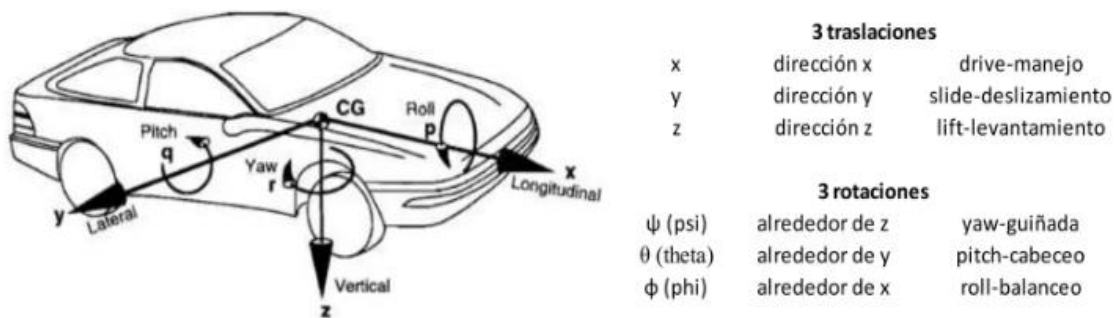


FIGURA 2.4 SISTEMA DE COORDENADAS AUTO.

2.5 NORMA ASME Y14.5 2018

La norma ASME Y14.5 se considera la guía autorizada para el lenguaje de diseño de dimensionamiento geométrico y tolerancia (GD&T). Establece prácticas uniformes para establecer e interpretar GD&T y los requisitos relacionados para su uso en planos de ingeniería y en documentos relacionados [7].

GD&T es una herramienta esencial para comunicar la intención del diseño, ya que las piezas de los dibujos técnicos tienen la forma, el ajuste, la función y la capacidad de intercambio deseados. Al proporcionar uniformidad en las especificaciones e interpretación de los dibujos, GD&T reduce las conjeturas en todo el proceso de fabricación, mejorando la calidad, reduciendo los costos y acortando las entregas [11].

2.6 TRATAMIENTOS TÉRMICOS

Los tratamientos térmicos son operaciones de calentamiento y enfriamiento a temperaturas y condiciones determinadas, a que se someten los aceros y otros metales y aleaciones para darles características más adecuadas para su empleo.

Estos tratamientos sirven para proteger las piezas de la oxidación y deformación hasta llegar al punto de fractura, ya que son constantemente utilizadas con otros componentes del dispositivo [12] [3].

2.6.1 TEMPLE

El temple sirve para darle dureza y resistencia mecánica al material que por lo general se ocupa una dureza de 58 a 60 HRC [3].

2.6.2 PAVONADO

Es una operación de protección que tiene por objeto producir la oxidación superficial del componente metálico por calentamiento, el pavonado produce un recubrimiento de magnetita, óxido ferroso férrico de color negro, que forma una capa impermeable y adherente al metal base [3].

CAPÍTULO 3. METODOLOGÍA

3.1 ÁREAS INVOLUCRADAS EN LA EJECUCIÓN DEL DISPOSITIVO

Para lograr el diseño y fabricación del dispositivo se trabaja en conjunto con todas las áreas de la empresa, pues cada área cumple con una función específica que se debe cumplir para lograr el objetivo, el cual es la ejecución del dispositivo de control. Se debe tener una correcta organización y gestión de las mismas pues, si alguna no realiza correctamente su actividad, las áreas siguientes podrían tener dificultades y entregar un resultado que no es el adecuado y por lo tanto retrasar el proceso (Esquema 3.1).

Las áreas involucradas son:

Ventas

- Departamento en el que se hace el enlace con el cliente, así como realizar la cotización y concretar la compra del proyecto.

Administración y contabilidad

- Lleva el control administrativo del presupuesto y cualquier costo del proyecto.

Proyectos

- Encargado de dar seguimiento y concretar la ejecución del proyecto.

Diseño

- Departamento encargado de crear la propuesta de diseño del dispositivo mediante su GD&T.

Ingeniería

- Encargado de ingresar el proyecto en el ERP interno, así como gestionar junto con el departamento de compras, la disponibilidad y adquisición de la materia prima.

Compras

- Departamento encargado de la compra de materia prima y herramientas requeridas en el dispositivo.

Programación

- Encargado de realizar la programación de las partes del dispositivo mediante un software y asignarlos a las máquinas.

Manufactura

- Departamento encargado de fabricar las piezas por medio de las máquinas CNC.

Ensamble

- Encargado de realizar ajustes, detallado y montar las piezas guiados por el diseño del dispositivo.

Calidad

- Departamento encargado de validar las piezas de acuerdo a las especificaciones en los planos 2D.

Metrología

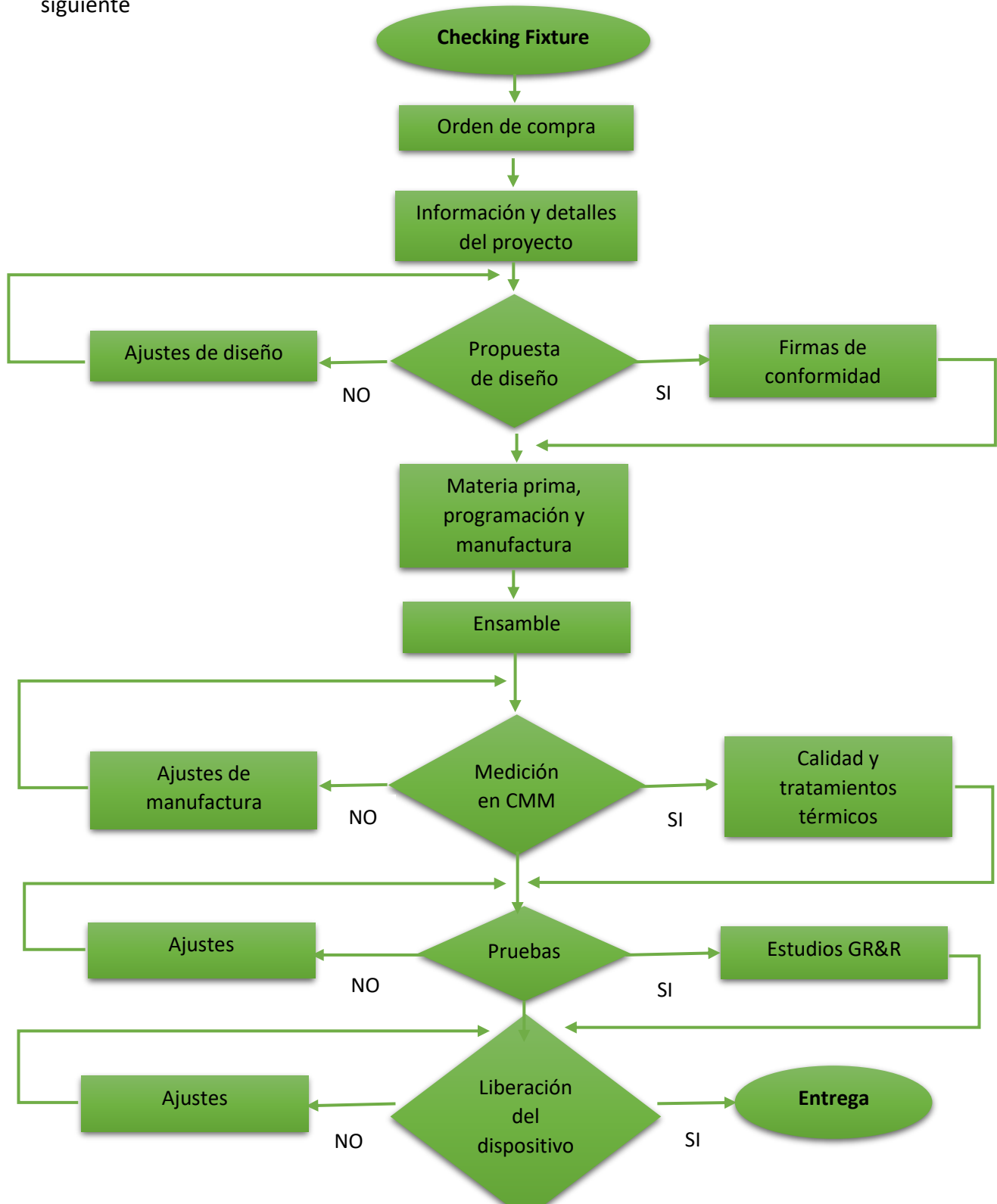
- Se encarga de realizar las mediciones del dispositivo mediante una máquina CMM.

Almacén

- Encargado de realizar un registro de la materia prima, así como la logística de procesos y entregas de dispositivos.

3.2 PROCESO PARA LA EJECUCIÓN DEL DISPOSITIVO

Al integrar estos departamentos, el proceso para la fabricación del dispositivo es el siguiente



ESQUEMA 3.2. PROCESO PARA LA EJECUCIÓN DEL DISPOSITIVO.

3.3 ENTREGA DE INFORMACIÓN DEL DISPOSITIVO Y ACUERDOS PARA SU EJECUCIÓN.

Para la realización del dispositivo de control (Checking Fixture) que la empresa HBPO solicita a Arce Tools para inspeccionar el soporte del módulo frontal, se tienen los siguientes documentos actualizados que son esenciales y obligatorios para el diseño y fabricación del dispositivo:

- Modelo 3D de la pieza a analizar

Documento 3D en formato .step para poder visualizar las características de la pieza.

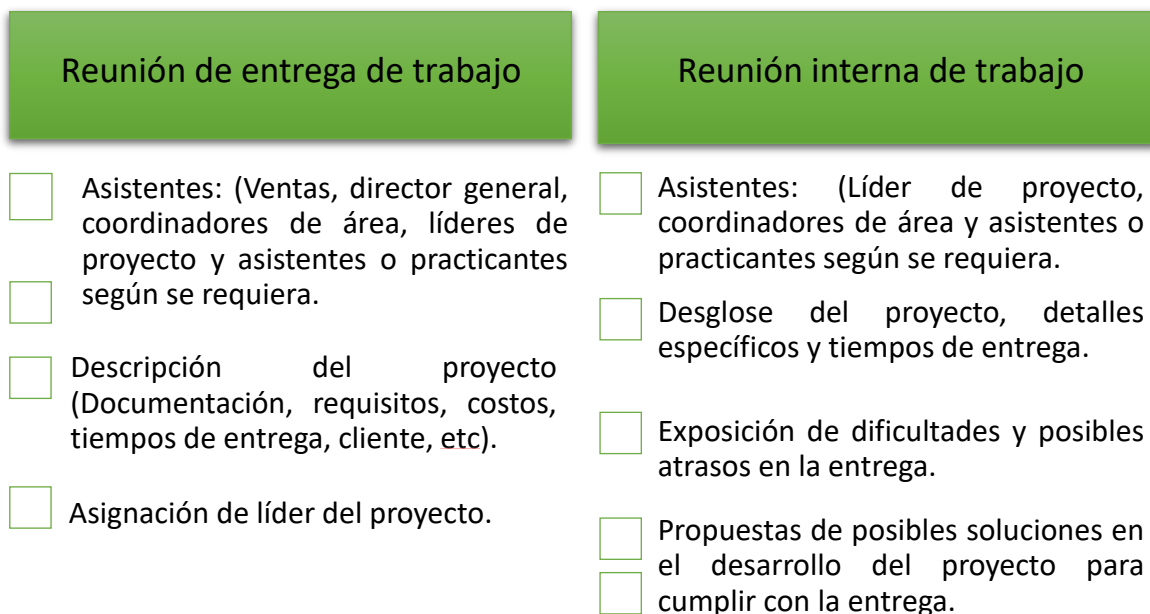
- GD&T (Geometric Dimensioning and Tolerancing)

Documento que contiene las especificaciones geométricas de la pieza a analizar, como las tolerancias de fabricación.

- Especificaciones técnicas de construcción

Documento en el que se especifican todos los puntos que el cliente requiere en el diseño y fabricación de su dispositivo.

Una vez teniendo claros los requisitos de ambas partes, se realizan dos reuniones interna de trabajo para analizar los detalles del proyecto como se detalla en el Esquema 3.3.



ESQUEMA 3.3. REUNIONES DE ENTREGA DE PROYECTO.

Si bien, ambas reuniones son internas, una es para expresar los detalles del proyecto a los encargados de cada área en general, mientras la otra se denomina interna porque ya es con el equipo que va a trabajar el proyecto, por lo que los demás líderes no intervienen. Si existe algún problema desde el principio como son los documentos entregados, el encargado de resolver este tipo de situaciones es el líder del proyecto.

Una vez teniendo esta información de los diferentes departamentos, se realiza un cronograma de actividades/plan de plazos/timing con todas las etapas que este lleva y su tiempo de ejecución, al cual se le da seguimiento y se actualiza mínimo cada semana para que el cliente esté enterado del status de su dispositivo, donde el día de actualización es señalando con una línea roja.

3.4 DISEÑO

A partir de los documentos requeridos, se elabora el diseño del dispositivo mediante el GD&T, el archivo 3D de la pieza (Figura 3.1) y el archivo con las especificaciones técnicas de diseño que el cliente proporciona, todo esto siguiendo una norma que regula prácticas uniformes para establecer e interpretar GD&T y los requisitos relacionados para su uso en planos de ingeniería y en documentos relacionados. Como un extra, se cuenta con la pieza original que sirve para probar el dispositivo y procedimientos que se necesiten (Figura 3.2).

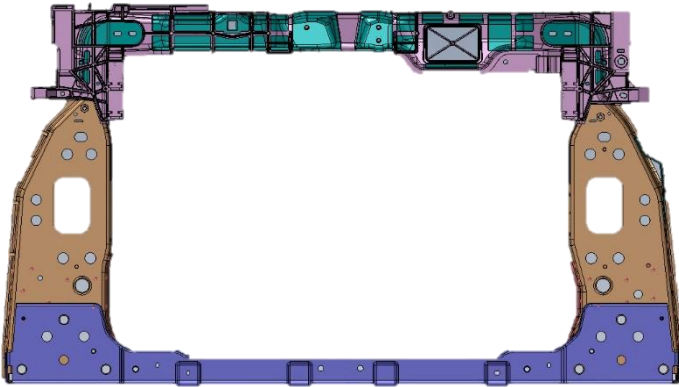


FIGURA 3.1 MODELO 3D DE LA PIEZA.



FIGURA 3.2. PIEZA ORIGINAL.

3.4.1 PLACA BASE

Para todo dispositivo la placa base es fundamental, pues es donde se ensamblan todos los componentes, por lo tanto, esta debe ser de los primeros componentes en ser fabricados. Este dispositivo cuenta con una placa base hecha de aluminio de acuerdo con lo solicitado, cuyas medidas son de 1660mm x 600mm x 25.4mm con relación al tamaño de la pieza.

3.4.2 DATUMS

Entendiendo la función de la regla 3,2,1 o Plano, Línea, Punto, para la pieza en este estudio los puntos son (**A1...A8**, **B**, **C** y **D**), tomando en cuenta que el sistema de coordenadas a utilizar es el Sistema de Coordenadas Auto, el datum **A** corresponde al eje X (plano de nivelación), *v* y *w*, **B** y **C** correspondiente al eje Z y *u*; y **D** correspondiente al eje Y. [5], (Figura 3.3).

Cada punto crítico para inspeccionar en el dispositivo está especificado en el GD&T teniendo medidas, coordenadas, si se debe verificar tamaño, posición o superficie, creando una propuesta de diseño del dispositivo y las herramientas necesarias para inspeccionar dichos puntos.

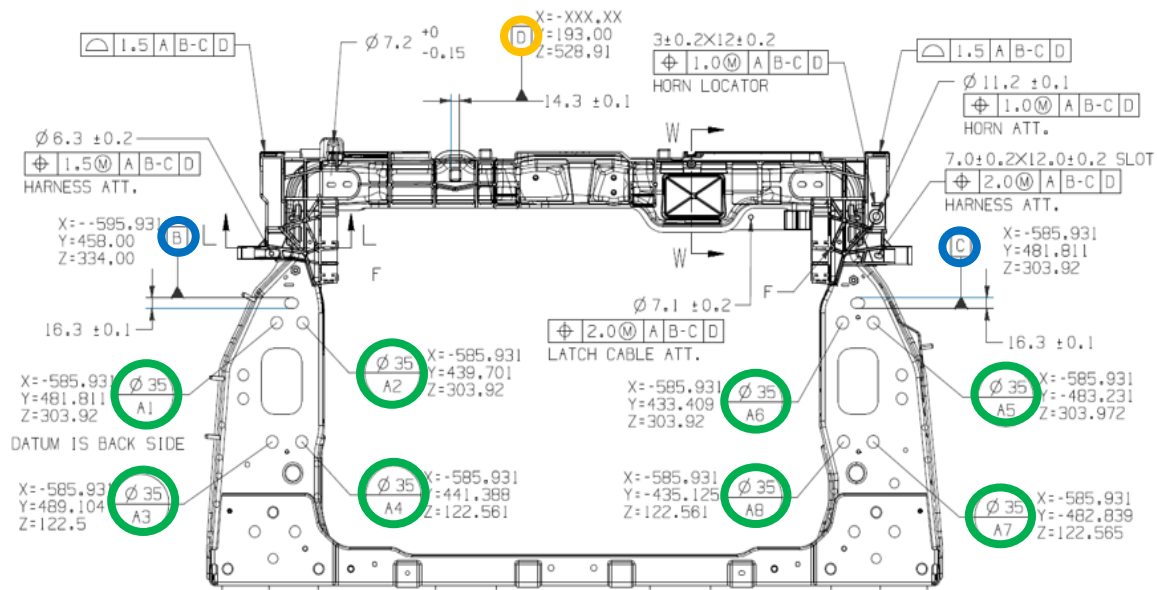


FIGURA 3.3 ESPECIFICACIONES DE LA PIEZA EN GD&T.

Como vemos en la Figura 3.3, cada Datum tiene sus respectivas coordenadas, por lo que, para la propuesta de diseño de estos datums en los puntos señalados, sea la más exacta posible.

Para este diseño, es necesario tomar en cuenta accesorios de apoyo para activar y/o sujetar los datums correctamente y que estos puedan cumplir su función.

- Datum A

Tenemos 8 de ellos (A1...A8), donde se especifica diseñar componentes cuadrados para cada uno de 35mm y proponer elementos de sujeción para poder eliminar el movimiento de la pieza en su eje respectivo..

- Datum B y C

Para estos datums tenemos una circunferencia de 16.3 mm y no se tiene alguna indicación extra, por lo que la propuesta de diseño se basará únicamente en realizar piezas que cumplan con la restricción de sus respectivos ejes.

- Datum D

Para este datum tampoco se tiene alguna restricción, por lo que se toma únicamente la medida, coordenadas y tolerancia, para poder crear un diseño factible de restricción del eje correspondiente.

3.4.3 VERIFICACIÓN POR VARIABLES

Para el diseño del dispositivo, se cuenta con el GD&T de la pieza, utilizando el control estadístico de procesos (SPC), método solicitado por el cliente, por lo que se colocan 18 puertos SPC (Figura 3.4) en los que será introducido un reloj indicador con el cual se podrán tomar los datos correspondientes para esta evaluación.

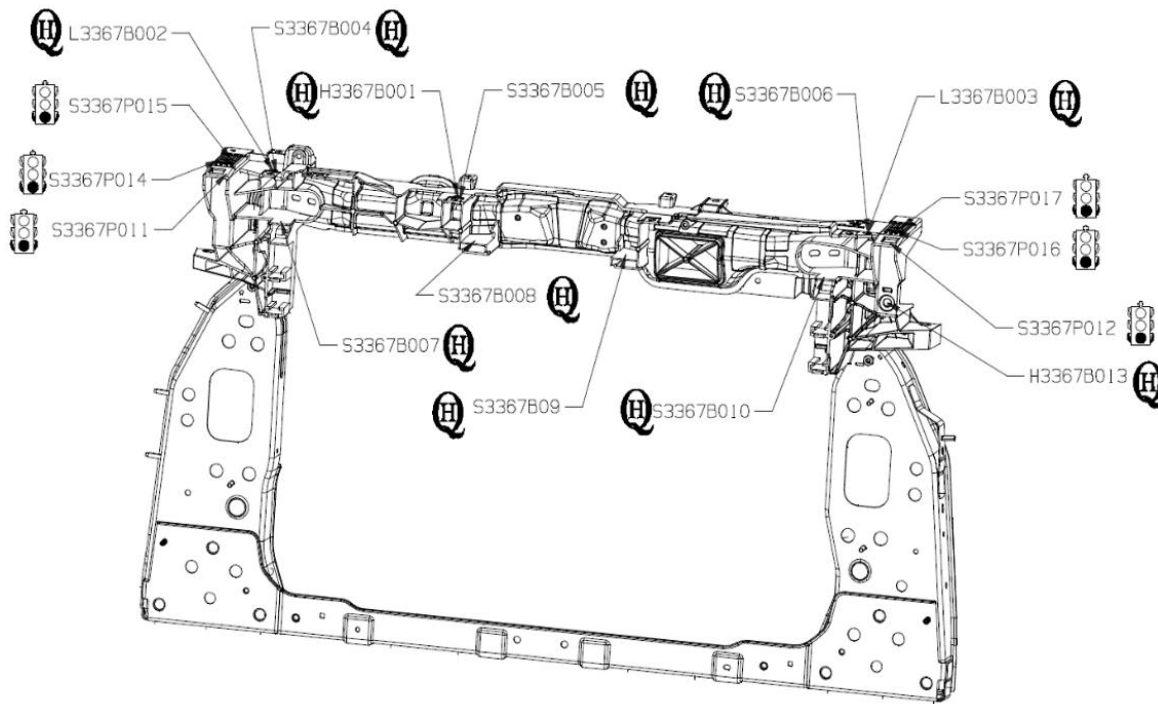


FIGURA 3.4 CARACTERÍSTICAS PARA VERIFICACIÓN POR VARIABLES.

- Puntos críticos a verificar.
- Puntos a verificar utilizando el método SPC.

Se ejemplifican los datos para la propuesta de diseño en la colocación de los puertos SPC del 1 al 4, en el diseño de los puertos SPC se requieren de las coordenadas de fabricación, la tolerancia de distancia y posición, así como la distancia nominal que cada puerto debe de tener para ser verificado contra la pieza y tomar los datos correspondientes mediante un reloj indicador (Tabla 3.2). Por ello, en cada puerto SPC se coloca un reloj indicador de 31 mm de carrera de acuerdo a la distancia nominal y poder realizar los estudios correspondientes.

SPC No.	Característica	Distancia nominal	Coordenada	Tolerancia de distancia	Tolerancia de posición
1	S3367B011 (X)	31 mm	X: -665mm Y: 492mm Z: 537.353mm	+0.05/-0.05mm	+0.05/-0.05mm
2	S3367B030 (X)	31 mm	X: -665mm Y: 488mm Z: 488mm	+0.05/-0.05mm	+0.05/-0.05mm
3	S3367B014 (Z)	31 mm	X: -646mm Y: 501mm Z: 564.750mm	+0.05/-0.05mm	+0.05/-0.05mm
4	S3367B028 (Z)	31 mm	X: -552.684mm Y: 537.386mm Z: 420.356mm	+0.05/-0.05mm	+0.05/-0.05mm

TABLA 3.2 ESPECIFICACIONES PARA DISEÑO DE PUERTOS SPC.

3.4.4 VERIFICACIÓN POR ATRIBUTOS

Para este dispositivo se propone diseñar 53 pines y 3 Feelers, entre los cuales 9 son pines retenidos, lo que quiere decir que van sujetos al dispositivo y su modo de aplicación es presionándolos contra la pieza, los demás, son pines y feelers sueltos que son posteriormente almacenados en el dispositivo.

Los pines simples y feelers tienen una forma cilíndrica, únicamente varía la longitud y tamaño, pero también tienen un diseño el cual varía de acuerdo con la complejidad de la característica a verificar, podemos tener pines simples y pines complejos.

Para la propuesta de diseño de algunos pines simples y feelers, se toman como referencia los datos en el GD&T de los pines nombrados como -3- y -35- y el feeler -A- para ejemplificar el proceso.

3.4.4.1 PINES SUELTOS Y RETENIDOS GO/NO GO

Tomada del GD&T, se observa la característica a inspeccionar con su información correspondiente (Figura 3.5).

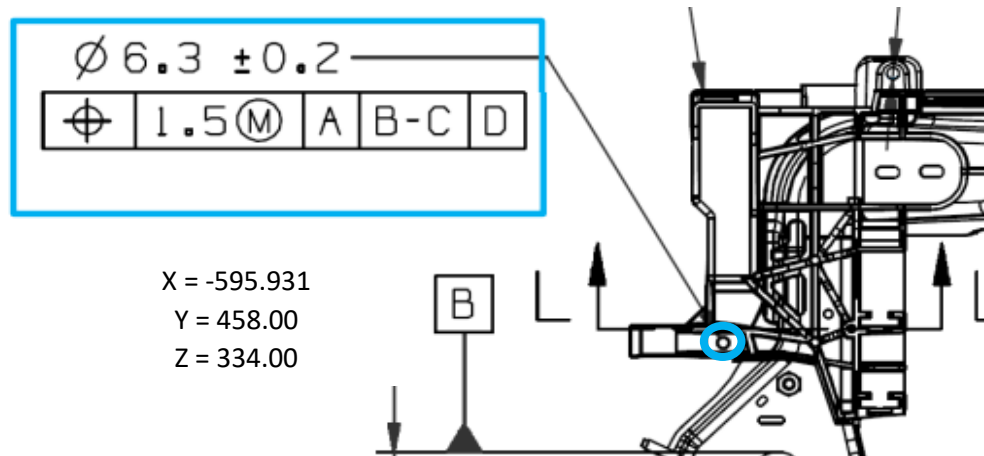


FIGURA 3.5 DIBUJO GD&T DE PIN GO NO GO.

Observando la información en el GD&T anterior, se tienen los siguientes datos:

- ✓ Medida nominal: $\varnothing 6.3$ mm
- ✓ Tolerancia de posición: 1.5 mm
- ✓ Tolerancia de tamaño: $+0.2/-0.2$ mm

Si vemos los datos anteriores, este punto requiere verificar tamaño y posición, por lo que se necesita un pin localizador y un pin go/no go, los cuales se calculan de la siguiente manera:

Pin localizador: diámetro - tolerancia de posición - tolerancia de tamaño

$$6.3 - 1.5 - 0.2 = \varnothing 4.6 \text{ mm}$$

Pin Go: diámetro - tolerancia de tamaño

$$6.3 - 0.2 = \varnothing 6.1 \text{ mm}$$

Pin No go: diámetro + tolerancia de tamaño

$$6.3 + 0.2 = \varnothing 6.5 \text{ mm}$$

Por lo tanto, se obtienen los resultados de los tres diferentes pines para inspeccionar el punto señalado.

3.4.4.2 FEELERS

Para obtener las dimensiones correspondientes al feeler para la zona indicada en la Figura 3.6, se toma en cuenta un offset de 6mm de acuerdo a las especificaciones técnicas del cliente.

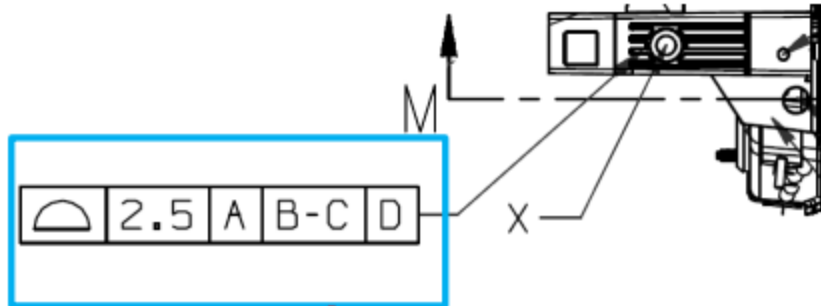


FIGURA 3.6 DIBUJO GD&T DE FEELER GO NO GO.

Observando la información en el GD&T (Figura 3.6) se tienen los siguientes datos:

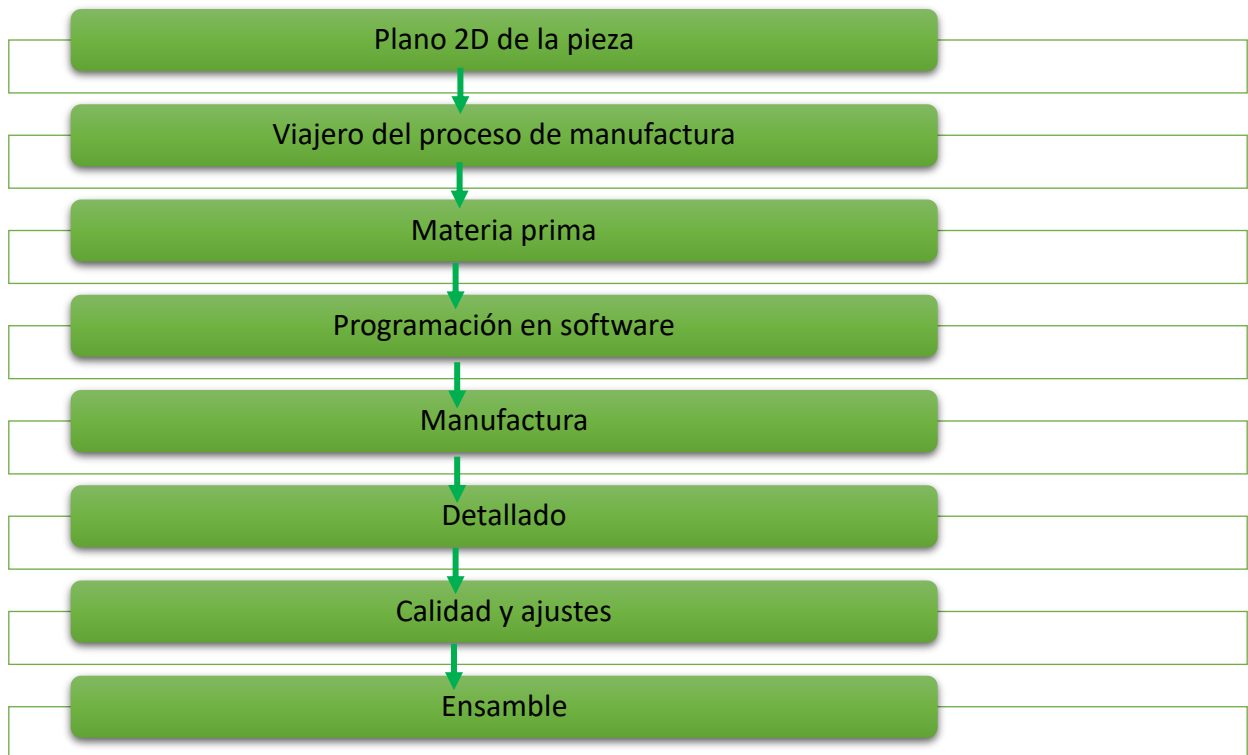
- ✓ Offset: 6 mm
- ✓ Tolerancia de perfil de superficie: Se toma una tolerancia bilateral de +/-1.25 mm de acuerdo con la tolerancia general de 2.5 mm

Por lo tanto, el Feeler Go/No Go, se calcula de la siguiente manera:

$$\begin{aligned} \text{Feeler Go: } & \text{offset} + \text{tolerancia de perfil bilateral superior} \\ & 6 + 1.25 = 4.75 \text{ mm} \\ \text{Feeler No Go: } & \text{offset} - \text{tolerancia de perfil bilateral superior} \\ & 6 - 1.25 = 7.25 \text{ mm} \end{aligned}$$

3.4.5 PROGRAMACIÓN DE MATERIALES Y MANUFACTURA DE COMPONENTES

El proceso para manufacturar una pieza es el siguiente:



ESQUEMA 3.4 PROCESO DE MANUFACTURA DE CADA PIEZA DEL DISPOSITIVO.

Teniendo el diseño completo y aprobado por el cliente HBPO, se ingresan absolutamente todos los materiales necesarios para el dispositivo de manera ordenada en el ERP interno en este caso Job Boss, asignando materiales, nombres, posiciones y progresos, así como los procesos que cada pieza debe llevar, el tiempo aproximado de ejecución.

Se inicia agregando el número de proyecto y el número del primer bloque de piezas, el número de parte que es el número que identifica cada pieza de acuerdo a su sección, el nombre de la pieza, la cantidad, medidas, material, procesos/rutas y los progresos, que estos se visualizan de acuerdo a como se trabajen (Figura 3.8).

Hay algunas piezas que son de línea, esto significa que siempre tienen existencia en almacén, pues la mayoría son básicos en un dispositivo, como: Algunos tipos de risers, clamps, abatibles, bujes, tornillería, esferas y cubre esferas de alineación, por lo que estos materiales en Job Boss siempre aparecerán en gris, dando por hecho la existencia de estos

* ▲	ID OT	ID Cliente	Número Pai	Revi	Descripción	Cant Orde	Cant Fabri	Cnt Co	Fecha Orde	Número OC	Estatu	Rutas	Materiales	Entregas
	02732-02-05	073	2.05		PBAL	1	1	0	17/09/2021		Complet			
	02732-02-06	073	2.06		PBAL	1	1	0	17/09/2021		Complet			
	02732-02-09	073	2.09		GUIA PRECARGA	2	2	0	17/09/2021		Active			
	02732-02-10	073	2.10		SUFRIDERA NYLAMID	2	2	0	17/09/2021		Active			
	02732-02-11	073	2.11A		GUIA PRECARGA	2	2	0	17/09/2021		Active			
	02732-02-13	073	2.11B		GUIA DE PRECARGA	1	1	0	21/09/2021		Active			
	02732-02-14	073	2.12		REFUERZOS	2	2	2	21/09/2021		Complet			
	02732-03	073	3.0		DATUMS Y CLAMPS	1	1	0	17/09/2021		Active			
	02732-03-01	073	3.01		PBAC	1	1	1	17/09/2021		Complet			
	02732-03-02	073	3.02		NET	8	8	8	17/09/2021		Complet			
	02732-03-03	073	3.03		INSERTO ROSCADO	8	8	8	17/09/2021		Complet			
	02732-03-04	073	3.04A		TORNILLO ESP M8	8	8	8	17/09/2021		Complet			
	02732-03-05	073	3.04B		ARANDELA AC	8	8	8	17/09/2021		Complet			
	02732-03-06	073	3.04C		ARANDELA NYLAMID	8	8	0	17/09/2021		Active			
	02732-03-07	073	3.05		PBAC	1	1	0	17/09/2021		Active			
	02732-03-08	073	3.06		RISER S	1	1	1	17/09/2021		Complet			
	02732-03-09	073	3.07		RISER S	1	1	1	17/09/2021		Complet			
▶	02732-03-10	073	3.08		PIN LOC CIR	2	2	2	17/09/2021		Complet			
	02732-03-11	073	3.09A		BLQ LOC	1	1	1	17/09/2021		Complet			
	02732-03-12	073	3.09B		PIN LOC CON	1	1	1	17/09/2021		Complet			
	02732-03-13	073	3.09C		BUJE 30-45-20	1	1	0	17/09/2021		Active			
	02732-03-14	073	3.09E		PERNO ROSC	1	1	0	17/09/2021		Active			
	02732-03-15	073	3.09G		TAPA AL	1	1	0	17/09/2021		Active			
	02732-03-16	073	3.10		RISER S	1	1	0	17/09/2021		Active			
	02732-03-17	073	3.11		EXT CLAMP	4	4	4	18/09/2021		Complet			

* ▶	CentroTrabajo/Proveed	Operación/ID Servicio	Hrs Restantes	Cnt Concluida	Cant Dese	Fecha de Comienza	Programa Finali	Estatus	Descripción	Clave de Oper	Parte Serializad	Desecho
	CT	TORNEAR		2	0			✓Complete	TORNEAR	307040	False	False
	FC	FRESAR		0	0			✓Complete	FRESAR	307043	False	False
	ENS	MACHUELEAR		0	0			✓Complete	MACHUELEADO	307045	False	False
	QT	QT LIBERAR		4	0			✓Complete	LIBERAR A TRATAMIENTO TER	307041	False	False
	TTI	CEMENTADO		3	0			✓Complete	CEMENTADO 56-60 HRC	307044	False	False
	RP	REC. PLANO		2	0			✓Complete	RECTIFICADO PLANO	307042	False	False
	GALVANOPLA	PAVONAR		2	0			✓Complete	PAVONADO DE PIEZAS	309658	False	False

FIGURA 3.8 BASE DE DATOS DEL DISPOSITIVO EN ERP INTERNO.

El significado de los colores en las barras son los siguientes:

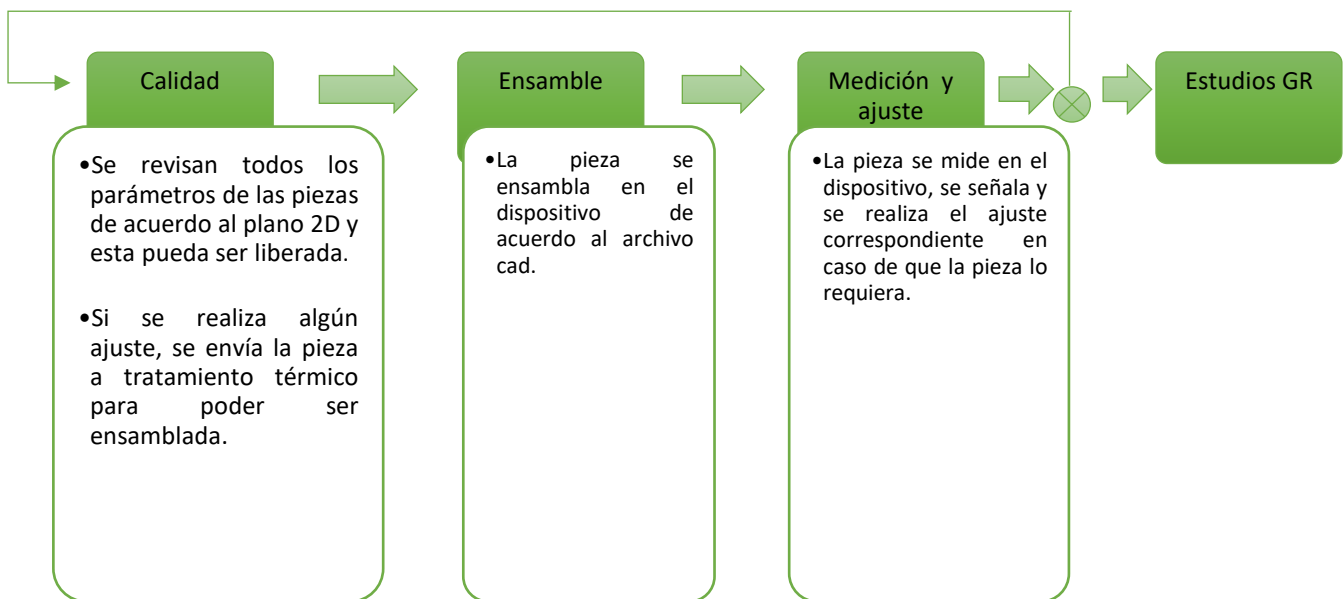
- Gris: Materia prima existente en almacén y entregada a producción, por lo que se dice que esa acción está cerrada.
- Naranja: Se está trabajando por lo tanto, está en proceso.
- Verde: La pieza ha sido trabajada completamente y está lista para ser ensamblada.
- Negro: Pieza sin proceso iniciado o material faltante.

3.4.6 TRATAMIENTOS TÉRMICOS.

La mayoría de los componentes del dispositivo están hechos de aluminio, pero también se necesitan piezas de acero, este material se temple y se pavona, ya que son piezas de suma importancia y que están en contacto con aceros y son más susceptibles a desgaste, en este caso se utilizó acero tratado a 58-60 HRC. Estas piezas son:

- Datums
- Localizadores
- Bujes
- Tornillos

El proceso con este tipo de piezas es el siguiente:



ESQUEMA 3.5. PROCESO EN CALIDAD PARA PIEZAS DE ACERO DEL DISPOSITIVO.

3.4.7 MEDICIÓN DEL DISPOSITIVO.

Finalmente, en el área de metrología se realiza la medición del dispositivo para poder ajustarlo y liberarlo, se rige por la norma ASME Y14.5-2018, norma que considera la guía autorizada para el lenguaje de diseño de dimensionamiento geométrico y tolerancia (GD&T), además, cuenta con una certificación que acredita a la empresa como proveedor autorizado para el diseño y manufactura de calibres tipo pasa y dispositivos de control dimensional.

En esta última fase, se realiza la medición del dispositivo para asegurar que todo se encuentre en posición y dentro de las tolerancias especificadas, esto se realiza por medio de una CMM (Máquina de Medición por Coordenadas), esta máquina mide las geometrías de los cuerpos físicos utilizando un sistema que detecta puntos en las superficies de los objetos, de esta forma se puede calcular cuando un elemento está fuera de tolerancia y por lo tanto, fuera de posición. Con estos resultados se pueden corregir los elementos en los que se tiene el problema, hasta lograr que todo esté dentro de las tolerancias permitidas.

Así mismo, el área de metrología cuenta con una certificación como laboratorio de calibración significa que el laboratorio cumple tanto los requisitos de competencia técnica como los requisitos del sistema de gestión necesarios para que pueda entregar de forma consistente resultados técnicamente válidos y satisfacen los principios de la Norma ISO 9001:2015 “Sistemas de Gestión de la Calidad- Requisitos” y además son afines a sus requisitos pertinentes” [1].

Para garantizar la efectividad del dispositivo se realizan operaciones que permiten evaluar el dispositivo dimensionalmente, así como la factibilidad de la medición en la pieza.

- Estudio GR&R

Este estudio se realiza verificando todos los puertos SPC's con el reloj indicador vaciando los datos en un formato especializado para dicho estudio. La ejecución consiste en:

- 1 pieza
- 3 operadores
- 10 intentos

- Informe de medición

Este es un reporte que indica que el dispositivo está diseñado dimensionalmente correcto, pues está dentro de las tolerancias, correctamente restringido y en posición, por lo tanto, el dispositivo está aprobado y es completamente confiable para ser utilizado.

En este reporte se indica el método de medición, las herramientas utilizadas, la norma aplicada, así como cualquier dato útil para certificar la medición.

- Pin List

Este es un reporte similar al Informe de medición del dispositivo, la diferencia es que este aplica únicamente a las herramientas de inspección, señalando el número de gages, sus nombres, posiciones, así como las tolerancias de fabricación, con el cual se avala que todos los gages están diseñados correctamente de acuerdo con las especificaciones y tolerancias indicadas (Tabla 3.3).

Sistema de referencias	Coordenadas auto
Materiales	<ul style="list-style-type: none"> Aluminio Nets, bujes, gages go, no go, datums: Acero tratado
Offset aplicado	6 mm
Tolerancias de fabricación	<ul style="list-style-type: none"> General 10% Go: 0.02 mm No go: -0.02 mm Pines retenidos: 0.02 Tolerancia mínima alcanzable: 0.05/-0.05 mm

TABLA 3.3 CARACTERÍSTICAS GENERALES DE FABRICACIÓN Y DISEÑO DEL DISPOSITIVO.

3.4.8 INSTRUCTIVO DE OPERACIÓN.

Para evaluar la efectividad del dispositivo, se crea un instructivo de operación/manual de usuario con el que antes de ser entregado el dispositivo, se realizan un par de corridas simulando el manejo de un operador que va a inspeccionar la pieza en condición de ensamble respecto al dispositivo por primera vez, todo esto regido por dos normas que hacen referencia al uso y operación del dispositivo. Esto permite encontrar algún problema en la redacción del manual o una indicación errónea, por lo que se corrige y se realizan las corridas necesarias hasta obtener un manual claro y comprobar la efectividad del dispositivo en la inspección de la pieza solicitada.

Este manual debe contener todos los datos que sirvan para identificar a qué pieza y a qué dispositivo corresponde:

- Nombre de la pieza y código de identificación
- Nivel de ingeniería
- Datos del cliente
- Armadora a la que pertenece,
- Datos que identifican al dispositivo
- Proveedor del dispositivo
- Fecha de elaboración
- Simbología

La forma de realizar el manual debe contener los siguientes pasos:

- Verificación de la pieza antes de ser montada en el dispositivo.
- Montaje de la pieza en el dispositivo.
- Verificación de la pieza montada en el dispositivo (tamaño, posición, superficie y/o variables).
- Ayudas visuales en la ejecución de herramientas.
- Número de pasos a seguir indicados textual y visualmente.
- Tolerancias en herramientas de apoyo (gages).

CAPÍTULO 4. RESULTADOS

4.1 DISPOSITIVO

El diseño final del dispositivo tomando en cuenta las especificaciones geométricas de la pieza, así como todas sus herramientas y accesorios de inspección y sujeción lo muestra la Figura 4.1.

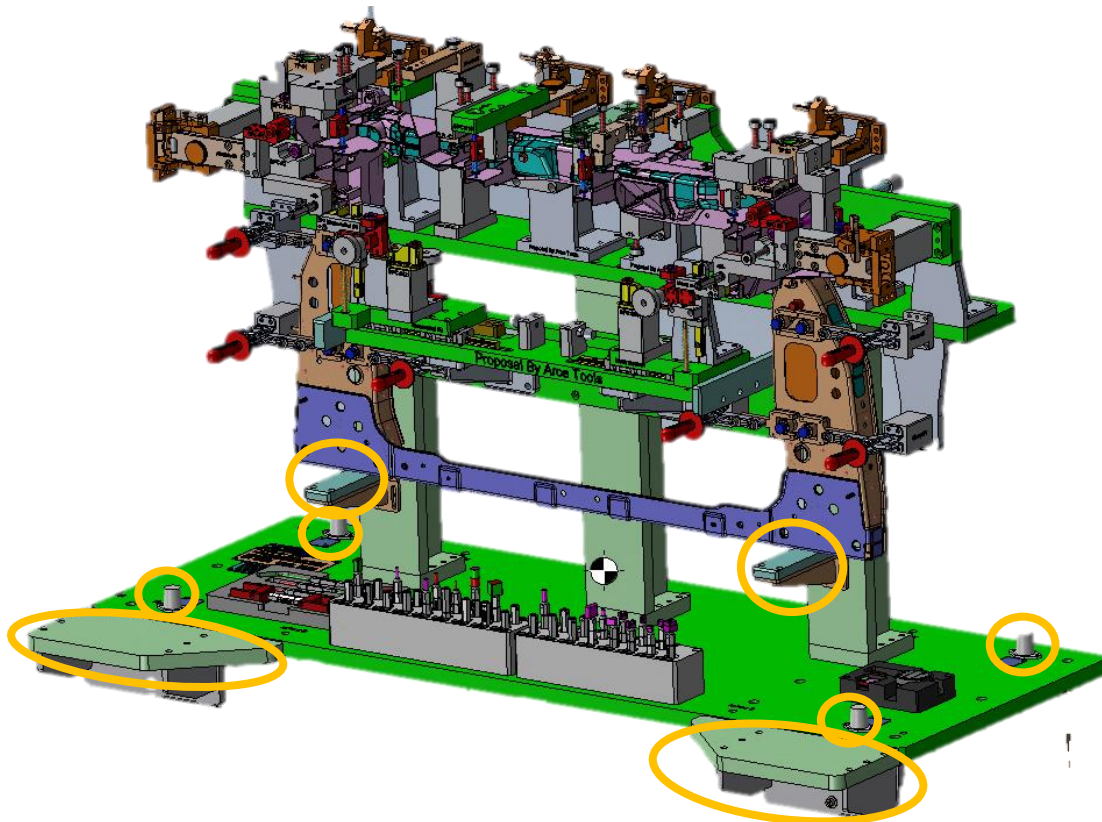


FIGURA 4.1 DISEÑO FINAL DEL DISPOSITIVO.

Este dispositivo tiene un peso aproximado de 400kg, peso que queda dentro de los requerimientos técnicos, pues no debe pasar de los 800 kg por condiciones internas.

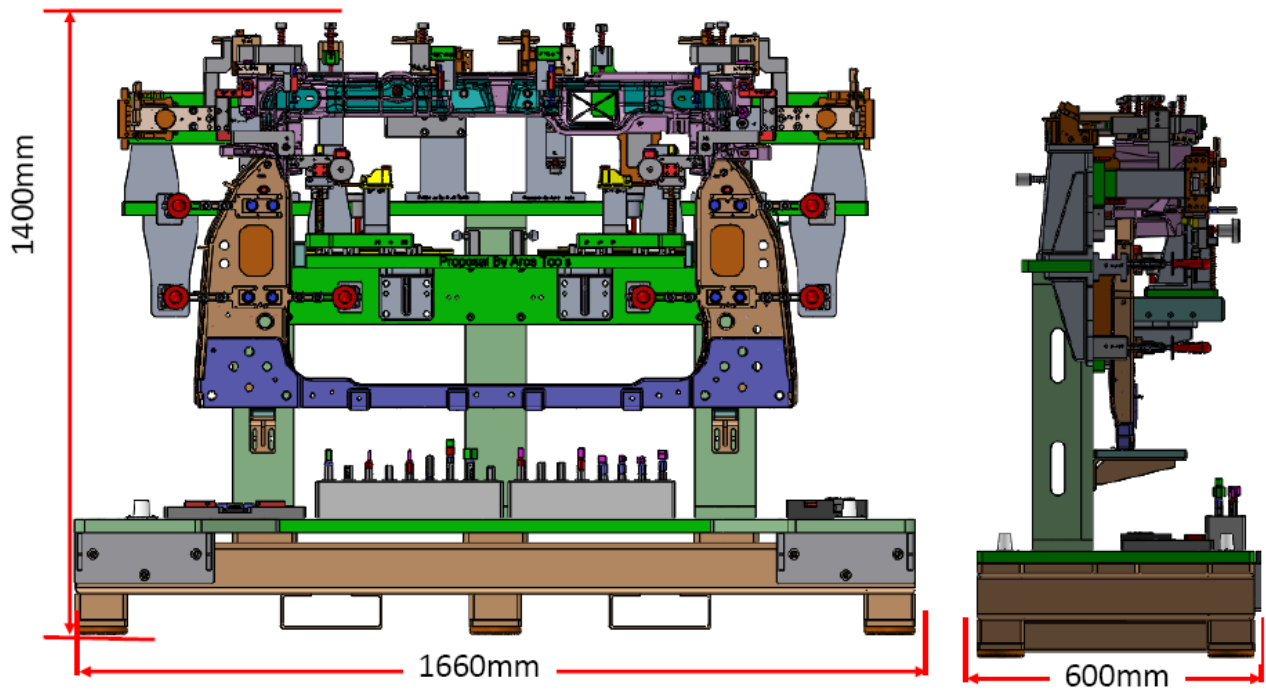


FIGURA 4.2 DISEÑO FINAL DEL DISPOSITIVO DE CONTROL.

Se agregan elementos que sirven como protección del dispositivo, así como para descansar y direccionar la pieza, esferas de alineación, sus cubiertas y placas de coordenadas de alineación como referencia para medir el dispositivo en el laboratorio de metrología, a su vez contiene la placa de identificación donde vienen todos los datos del dispositivo, el cliente y la parte a inspeccionar (Figura 4.2) y (Figura 4.3).

ARCE

5 oriente número 210, Colonia Centro, 72810 San Andrés Cholula Méx.
 Tel: 52 (222) 261 09 71
 ventas@arce-tools.com
 www.arce-tools.com

Property of: _____ Part supplier: _____

Part number/s: _____ Date: _____

_____ Weight: _____

Part name: _____ Dimensions: _____

Layout Coordinate Positions:

Sphere 1: X _____	Y _____	Z _____
Sphere 2: X _____	Y _____	Z _____
Sphere 3: X _____	Y _____	Z _____

FIGURA 4.3 PLACA DE IDENTIFICACIÓN DEL DISPOSITIVO.

A partir de las especificaciones del GD&T se obtiene el modelo 3D de cada característica que conforma el dispositivo donde los datums son lo más importante (Figura 4.4).

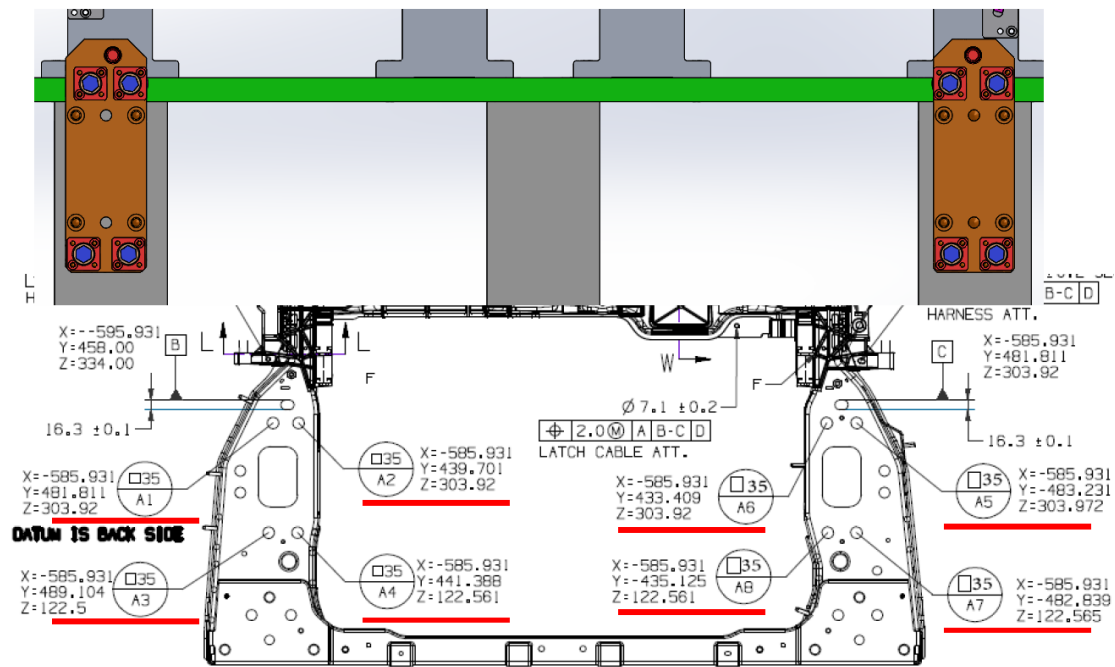


FIGURA 4.4 DISEÑO DE DATUMS A, B Y C

En la Figura 4.5 se presenta la característica de superficie una zona de la parte superior de la pieza, por lo que se necesita un bloque para poder evaluar con el gage correspondiente que en este caso es un feeler.

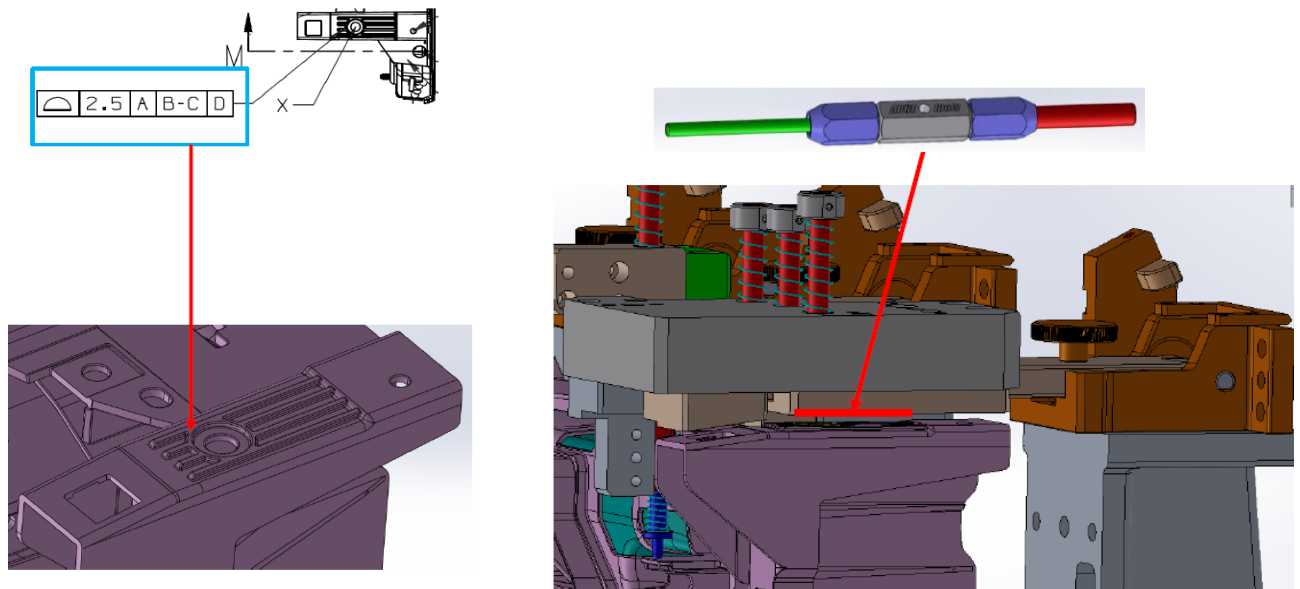


FIGURA 4.5 INTERPRETACIÓN DE GD&T PARA CREAR EL DISEÑO DE LA CARACTERÍSTICA DE SUPERFICIE

Se verifican características de posición de acuerdo con GD&T (Figura 4.6).

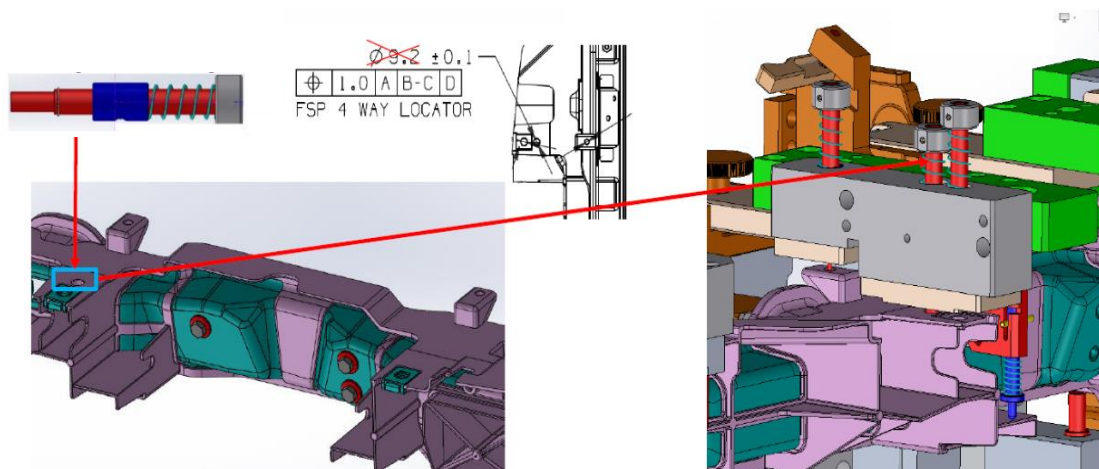


FIGURA 4.6 INTERPRETACIÓN DE GD&T PARA CREAR EL DISEÑO DE LA CARACTERÍSTICA DE POSICIÓN

Se verifican características de tamaño de barrenos de acuerdo con GD&T (Figura 4.7).

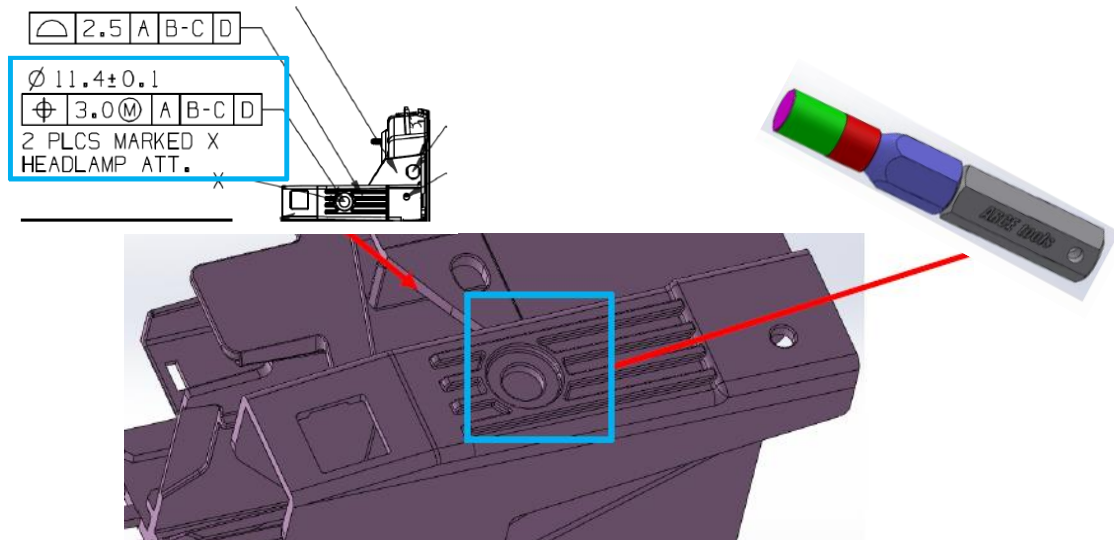


FIGURA 4.7 INTERPRETACIÓN DE GD&T PARA CREAR DISEÑO DE LA CARACTERÍSTICA DE TAMAÑO

Después de aprobada la propuesta de diseño y de manufacturar los componentes, la Figura 4.8 muestra el proceso de ensamble del dispositivo de control. Como se mencionó en la metodología, el dispositivo es ensamblado de acuerdo con la prioridad de los componentes y se puede empezar a evaluar en el laboratorio de metrología para poder hacer los ajustes correspondientes.

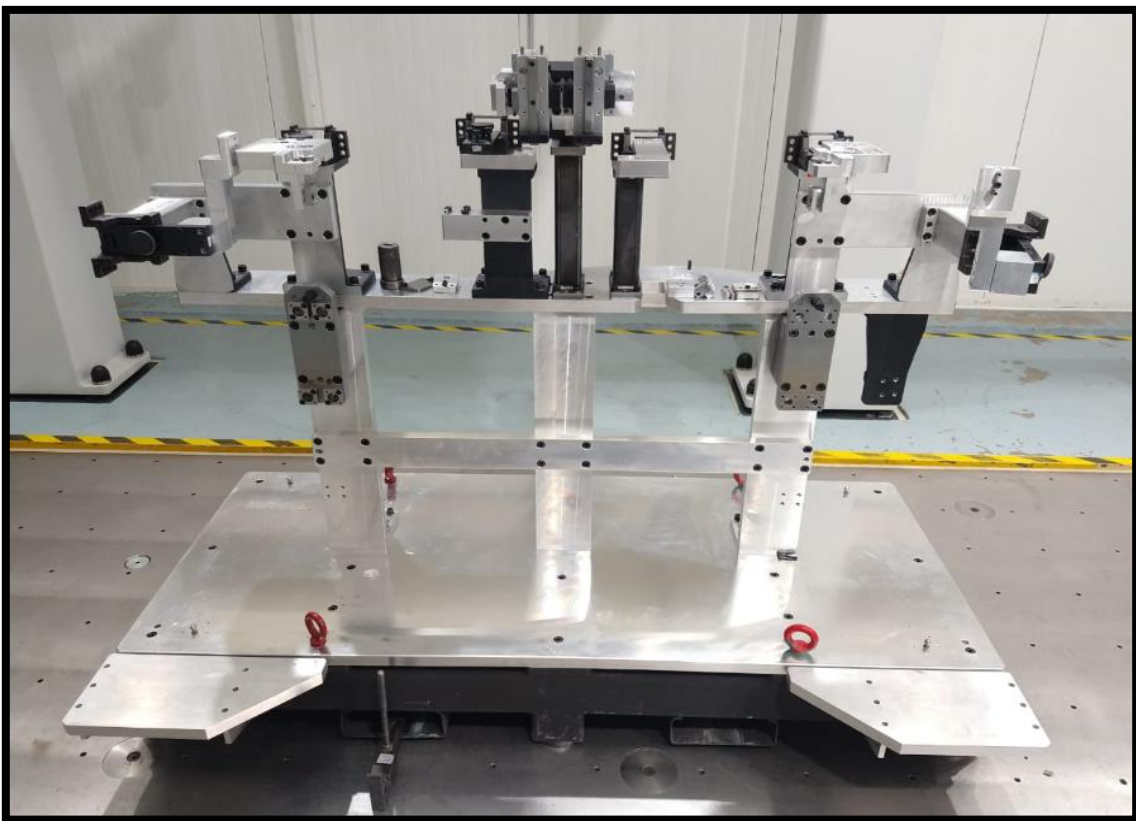


FIGURA 4.8 DISPOSITIVO ENSAMBLADO CON LOS COMPONENTES PRINCIPALES PREPARADO PARA LA PRIMERA MEDICIÓN.

En la Figura 4.8 se pueden observar que ya están ensambladas las piezas con prioridad y algunas de ellas llevan tratamiento térmico, por lo que primero se hace una evaluación previa se manda a ajuste, se vuelve a medir y si ya no se tiene alguna corrección, las piezas se mandan a tratamiento térmico y se procede a ser ensambladas.



FIGURA 4.9 DISPOSITIVO ENSAMBLADO CASI EN SU TOTALIDAD.

Regresando las piezas de tratamiento térmico, el dispositivo es ensamblado en su totalidad y se hace una evaluación previa a la final para realizar los ajustes correspondientes y ser evaluado una última vez. El departamento de metrología emite un reporte de medición que indica que todos los elementos a verificar están en posición y dimensionalmente correctos (Figura 4.9).



FIGURA 4.10 DISPOSITIVO ENSAMBLADO EN SU TOTALIDAD.

La Figura 4.10 muestra el dispositivo completamente ensamblado y aprobado por el departamento de metrología, los accesorios como gages, sus respectivas cajas para que puedan ser almacenados antes y después de ser utilizados. Se colocan etiquetas/tags para ubicar perfectamente aquellos componentes que son cruciales al momento de manejar el dispositivo.



FIGURA 4.11 DISPOSITIVO FUNCIONANDO CON LA PIEZA EN CONDICIÓN DE ENSAMBLE.

Una vez vestido el dispositivo, se hacen simulaciones de la pieza a inspeccionar respecto al dispositivo de control en condiciones de ensamble para asegurarse del correcto funcionamiento de este y corregir detalles (Figura 4.11).

4.2 INSTRUCTIVO DE OPERACIÓN.

La Figura 4.12 muestra los primeros pasos en la operación del dispositivo respecto a la pieza, verificándola antes de ser montada en el dispositivo, esto con ayuda de los accesorios correspondientes que el dispositivo contiene para su verificación por atributos, con esto se asegura que el tamaño de algunas ranuras y agujeros estén dentro de tolerancia, siendo este el primer filtro para aprobar la pieza.

INSTRUCTIVO DE OPERACION - FEC MS/MX		
PASO	VERIFICACIÓN DE TAMAÑO PREVIO AL MONTAJE (CARA POSTERIOR)	TOLERANCIA
+	Retirar grapas (6x) en la parte superior de la pieza.	
1	Verificar que la pieza se encuentre sin rebabas o daños visibles.	
2	Verifique el tamaño en ancho de slot de 16.3 mm (2x) usando el pin # 1 .	± 0.1 mm
3	Verificar ancho de la ventana rectangular de 14.3 mm (1x) usando el pin #2 .	± 0.1 mm
4	Verificar el tamaño de agujero de Ø 6.3 mm (1x) usando el pin #3 .	± 0.2 mm
5	Verificar el ancho de 31.2 mm (1x) usando el pin #27 (ver pág. 3).	± 0.2 mm
6	Verificar el tamaño de la ranura de 7 x 12 mm (1x) usando los pinnes #8 & #9 .	± 0.2 mm
7	Verificar el tamaño de agujero de Ø 7.05 mm (1x) usando el pin #13 .	± 0.2 mm
8	Verificar el tamaño de agujero de Ø 15.5 mm (2x) usando el pin #14 .	± 0.1 mm
9	Verificar el tamaño del agujero de Ø 11.2 mm (1x) usando el pin #22 .	± 0.1 mm
10	Verificar el tamaño de ranura de 14.5 x 25.8 mm (1x) usando el pin #24 & #25 . (Verificar desde abajo)	± 0.2 mm

VISTA FRONTAL

VISTA SUPERIOR

PROVEEDOR: ventas@arcetools.com / www.arcetools.com	PROVEEDOR AUTOPARTES: HBPO DESCRIPCION: CHECKING FIXTURE NOMBRE DE LA PARTE: MP-GME-NAFTA-FRONT END CARRIER NO. PARTE: 68443367AA PROYECTO ATO: 073-02732 FEC	NIVEL ING. ELABORADO 11 nov 2021 PAG 1 DE 11
Simbología Four-way, Net Surface, 3mm Feeler Check, Flash Check, Sight Check, Scribe Line, Template, Plunger Pin, Two-way, CL, Clamp, 3mm Feeler Check Constant, Flush Check, Pin, Item, Transducer Location		PROPIEDAD DE:
ING-FOR-02 Fecha de emisión: 18/02/2019 Rev.:01		

FIGURA 4.12 INSTRUCTIVO DE OPERACIONES PARA EVALUAR LA PIEZA POR ATRIBUTOS.

La Figura 4.13 indica perfectamente la forma correcta de montar la pieza en el dispositivo con los puntos más importantes para su inspección, los Datums, indicados de manera textual y visual para que el manejo del dispositivo sea lo más fácil posible y así evitar algún error en la ejecución.

INSTRUCTIVO DE OPERACIÓN - FEC MS/MX		TOLERANCIA
PASO	MONTAJE DE PIEZA EN EL DISPOSITIVO.	
11	Asegurar que los brazos abatibles, clamps, las mesas móviles y los pines retenidos estén en posición de reposo (ver pág. 11).	
12	Localizar la parte con los pines localizadores para los datum -B- y -C-.	
13	Colocar manualmente la pieza sobre los datum -A1-, -A2-, -A3-, -A4-, -A5-, -A6-, -A7- y -A8- (net pad).	
14	Localizar la parte liberando el pin retráctil correspondiente al datum -D-, asegurándose que se encuentre activo todo el tiempo.	
15	Colocar los clamps en su posición de trabajo el siguiente orden -C1-, -C2-, -C5-, -C3-, C4-, -C6-	
16	Apretar manualmente los tornillos M8 especiales en orden ascendente: datum -A1-, -A2-, -A3-, -A4-, -A5-, -A6-, -A7-, -A8-.	
17	Utilizar torquímetro para apretar cada tornillo, en orden ascendente. (Torque aplicado 8 N/m *)	
18	Colocar los clamps en su posición de reposo en el siguiente orden -C6-, -C4-, -C3-, -C5-, -C2-, -C1-	

VISTA FRONTAL

PROVEEDOR: ventas@arcetools.com / www.arcetools.com	PROVEEDOR AUTOPARTES: HBPO DESCRIPCION: CHECKING FIXTURE NOMBRE DE LA PARTE: MP-GME-NAFTA-FRONT END CARRIER NO. PARTE: 68443367AA PROYECTO ATO: 073-02732 FEC	NIVEL ING. ELABORADO 11 nov 2021 PAG 2 DE 11
Simbología Four-way, Two-way, Net Surface, CL Clamp, 3mm Feeler Check, 1mm Feeler Check Constant, Rash Check, Sight Check, Scribe Line, Item, Template, Transducer Location, Flange Pin, Pin		PROPIEDAD DE:

ING-FOR-02 Fecha de emisión: 18/02/2019 Rev..01

FIGURA 4.13 INSTRUCTIVO DE OPERACIÓN PARA EL MONTAJE DE LA PIEZA.

Se señalan absolutamente todas las herramientas y accesorios que son indispensables en la inspección de la pieza, tratando de ser lo más específico posible (Figura 4.14).

Este instructivo incluye los datos necesarios para identificar la propiedad tanto del dispositivo como de la pieza, así como la simbología utilizada y la fecha de elaboración.

INSTRUCTIVO DE OPERACION - FEC MS/MX		
PASO	VERIFICACIÓN DE TAMAÑO (EN EL DISPOSITIVO)	TOLERANCIA
19	Verificar el tamaño de agujero de $\varnothing 7.25$ mm (1x) usando el pin #4 .	+0 / -0.15 mm
20	Verificar el tamaño de ranura de 4x11.5 mm (1x) usando el pin #5 & #6 .	± 0.2 mm
21	Verificar el tamaño del pin de $\varnothing 11.2$ mm (1x) usando el pin #7 . (Revisar sin remache).	± 0.1 mm
22	Verificar el tamaño de agujero de $\varnothing 5.1$ mm (1x) usando el pin #10 .	± 0.1 mm
23	Verificar variación en el ángulo del agujero de $\varnothing 5.1$ mm (1x) usando el pin #11 . (*El hombro del pin debe asentar perfectamente en la pieza)	± 0.3 mm
24	Verificar el tamaño de agujero de $\varnothing 2.85$ mm (2x) usando el pin #12 .	± 0.1 mm
25	Verificar el tamaño del agujero de $\varnothing 11.4$ mm (2x) usando el pin #15 (Revisar sin remache).	± 0.1 mm
26	Verificar el tamaño de la ventana cuadrada de 20 mm (2x) usando el pin #16 .	± 0.1 mm

PROVEEDOR: ventas@arcetools.com / www.arcetools.com	PROVEEDOR AUTOPARTES: HBPO DESCRIPCION: CHECKING FIXTURE NOMBRE DE LA PARTE: MP-GME-NAFTA-FRONT END CARRIER NO. PARTE: 68443367AA PROYECTO ATO: 073-02732 FEC	NIVEL ING. ELABORADO 11 nov 2021 PAG 3 DE 11
---	--	--

Simbología Four-way, Net Surface, 3mm Feeler Check, Flush Check, Sight Check, Scribe Line, Template, Plunger Pin, Two-way, CL Clamp, 3mm Feeler Check Constant, Flush Check Constant, Pin, Item, Transducer Location	PROPIEDAD DE:
--	--------------------------

ING-FOR-02 Fecha de emisión: 18/02/2019 Rev..01

FIGURA 4.14 INSTRUCTIVO DE OPERACIÓN CON LA PIEZA EN CONDICIÓN DE ENSAMBLE.

Para realizar las pruebas con el instructivo y los estudios GR&R, se debe utilizar guantes y ser lo más cuidadoso posible, pues en este punto el dispositivo está en un proceso final, por lo que se debe evitar alguna marca no deseada (Figura 4.15).



FIGURA 4.15 MONTAJE DE LA PIEZA EN EL DISPOSITIVO.

En la Figura 4.15 se observa el paso para colocar la pieza en condición de ensamble para realizar las pruebas con el manual de usuario y los estudios GR&R.

CAPÍTULO 5. ANÁLISIS DE RESULTADOS.

5.1 ESTUDIO GR&R

En la Figura 5.1 se observa la ejecución de la verificación por variables utilizando el reloj indicador en los puertos SPC's.



FIGURA 5.1 VERIFICACIÓN POR VARIABLES PARA ESTUDIO GR&R.

CHECK POINT	SPC 3 S3367P014	SPC 14 S3367P011	SPC 15 S3367B007	SPC 16 S3367B008	SPC 17 S3367B009	SPC 18 S3367B010	SPC 7 S3367P016	SPC 13 S3367P012	SPC 9 S3367P033	SPC 10 S3367P034	SPC 11 S3367P035	SPC 12 S3367P036	SPC 4 S3367P028
TRIAL #1	-0.271	-0.134	-0.363	-1.090	-0.535	-0.360	-0.541	-0.450	0.170	-0.295	0.558	-0.414	1.860
TRIAL #2	-0.284	-0.133	-0.397	-1.010	-0.582	-0.341	-0.673	-0.470	0.155	-0.282	0.570	-0.472	1.850
TRIAL #3	-0.264	-0.150	-0.366	-1.020	-0.557	-0.369	-0.738	-0.551	0.178	-0.263	0.565	-0.472	1.860
TRIAL #4	-0.290	-0.125	-0.392	-1.010	-0.535	-0.356	-0.723	-0.538	0.170	-0.207	0.573	-0.460	1.885
TRIAL #5	-0.282	-0.150	-0.386	-1.022	-0.557	-0.360	-0.729	-0.535	0.150	-0.232	0.590	-0.436	1.897
TRIAL #6	-0.261	-0.128	-0.331	-1.078	-0.535	-0.331	-0.716	-0.522	0.176	-0.248	0.581	-0.473	1.884
TRIAL #7	-0.289	-0.106	-0.388	-1.054	-0.554	-0.356	-0.732	-0.544	0.175	-0.226	0.570	-0.474	1.862
TRIAL #8	-0.289	-0.118	-0.372	-1.022	-0.504	-0.385	-0.748	-0.541	0.183	-0.204	0.560	-0.463	1.803
TRIAL #9	-0.275	-0.128	-0.392	-1.048	-0.513	-0.325	-0.785	-0.540	0.174	-0.260	0.564	-0.457	1.884
TRIAL #10	-0.268	-0.138	-0.330	-1.010	-0.563	-0.360	-0.645	-0.450	0.170	-0.295	0.590	-0.470	1.778
TRIAL #1	-0.260	-0.150	-0.400	-1.090	-0.520	-0.380	-0.720	-0.530	0.160	-0.240	0.580	-0.440	1.890
TRIAL #2	-0.280	-0.150	-0.410	-1.020	-0.550	-0.380	-0.730	-0.540	0.160	-0.220	0.583	-0.450	1.870
TRIAL #3	-0.260	-0.170	-0.410	-1.010	-0.520	-0.370	-0.720	-0.520	0.170	-0.240	0.580	-0.450	1.870
TRIAL #4	-0.290	-0.140	-0.400	-1.040	-0.550	-0.380	-0.720	-0.540	0.170	-0.230	0.580	-0.440	1.860
TRIAL #5	-0.300	-0.160	-0.410	-1.030	-0.560	-0.400	-0.730	-0.520	0.150	-0.210	0.580	-0.430	1.880
TRIAL #6	-0.290	-0.140	-0.320	-1.080	-0.540	-0.340	-0.700	-0.490	0.170	-0.240	0.580	-0.420	1.840
TRIAL #7	-0.280	-0.120	-0.380	-1.080	-0.630	-0.380	-0.720	-0.530	0.180	-0.200	0.550	-0.430	1.880
TRIAL #8	-0.280	-0.120	-0.370	-1.070	-0.600	-0.360	-0.710	-0.510	0.180	-0.220	0.570	-0.460	1.860
TRIAL #9	-0.280	-0.150	-0.400	-1.010	-0.650	-0.390	-0.730	-0.540	0.160	-0.210	0.572	-0.440	1.860
TRIAL #10	-0.280	-0.140	-0.330	-1.070	-0.550	-0.340	-0.710	-0.500	0.170	-0.250	0.580	-0.480	1.840
TRIAL #1	-0.300	-0.151	-0.360	-1.040	-0.560	-0.350	-0.720	-0.530	0.180	-0.250	0.560	-0.470	1.850
TRIAL #2	-0.290	-0.100	-0.350	-1.030	-0.550	-0.340	-0.710	-0.520	0.170	-0.250	0.570	-0.480	1.850
TRIAL #3	-0.290	-0.090	-0.350	-1.020	-0.560	-0.340	-0.710	-0.510	0.180	-0.260	0.580	-0.480	1.850
TRIAL #4	-0.290	-0.100	-0.350	-1.030	-0.550	-0.340	-0.710	-0.520	0.180	-0.250	0.580	-0.480	1.860
TRIAL #5	-0.290	-0.110	-0.360	-1.050	-0.570	-0.370	-0.720	-0.540	0.180	-0.250	0.560	-0.470	1.850
TRIAL #6	-0.300	-0.110	-0.360	-1.050	-0.560	-0.350	-0.720	-0.530	0.180	-0.240	0.570	-0.470	1.850
TRIAL #7	-0.290	-0.110	-0.370	-1.060	-0.580	-0.360	-0.720	-0.530	0.170	-0.240	0.570	-0.470	1.860
TRIAL #8	-0.300	-0.130	-0.370	-1.030	-0.560	-0.360	-0.730	-0.530	0.180	-0.260	0.570	-0.460	1.850
TRIAL #9	-0.300	-0.110	-0.350	-1.040	-0.540	-0.340	-0.720	-0.530	0.190	-0.270	0.560	-0.470	1.840
TRIAL #10	-0.300	-0.110	-0.350	-1.050	-0.540	-0.350	-0.720	-0.530	0.180	-0.270	0.570	-0.470	1.850
X-BAR	-0.284	-0.129	-0.371	-1.042	-0.556	-0.359	-0.713	-0.521	0.172	-0.244	0.572	-0.458	1.857
RANGE	0.040	0.080	0.090	0.080	0.146	0.075	0.244	0.101	0.040	0.095	0.040	0.066	0.119
CALC. ERROR	0.119	0.194	0.247	0.255	0.243	0.177	0.377	0.247	0.097	0.229	0.093	0.180	0.229
TOL. RANGE	2.5	2.0	2.7	2.7	2.7	2.7	2.5	2.0	1.0	2.0	1.0	2.0	2.5
GR %	4.74	9.69	9.13	9.44	9.00	6.56	15.07	12.34	9.68	11.46	9.28	9.02	9.16

TABLA 5.1 DATOS RECOLECTADOS DE LA VERIFICACIÓN POR VARIABLES PARA ESTUDIO GR&R EXPRESADOS EN MM.

Proceso para evaluar los datos del estudio GR&R según el MSA:

- *Debajo del 10%*
 - 1) El error en la medición es aceptable.

- *Del 10% a 30%*
 - 1) Requiere aprobación.
 - 2) De debe implementar mejoras para reducir el error en la medición y este podrá estar entre 10% y 20%.
 - 3) Los datos que excedan el 20% requerirán un plan de recuperación.

En la tabla 5.1 se muestran los datos de los puntos evaluados (SPC), así como los 10 intentos para cada operador.

Con las especificaciones de aprobación escritas, podemos ver que la verificación en el dispositivo es correcta, pues están dentro de los porcentajes aceptados en el estudio (10%), en caso contrario, se encontrar el problema y solucionarlo para realizar el estudio nuevamente hasta obtener datos satisfactorios.

5.2 PIN LIST.

En el Pin List se enlistan todos los pines y feelers que contiene el dispositivo, con toda la información necesaria para identificar cada pin, como el nombre, las medidas y tolerancias, esto después de pasar por control de calidad asegurando que cada medida y punto, esté dentro de tolerancia y ejecución correcta (Tabla 5.2).



LABORATORIO DE METROLOGÍA

ARCE TOOLS S.A. DE C.V.
 5 oriente número 210 San Andrés Cholula.
 Tel.: 52 (222) 261 09 71, Fax.: 52 (222) 261 07 85
 Web page: www.arcetools.com e-mail: info@arcetools.com

REPORTE DE GO, NO GO & PIN

Cliente:	HBPO	No. de reporte:	2021 - 053
Nombre de pieza:	FRONT END CARRIER	Equipo de medición:	Micrómetro Digital MICR-001
No. de pieza:	FC00ABG26104.001.0054-MP-GME T4-FRONT END CARRIER-69443367AA-112182019	Fecha de calibración:	Septiembre 2021
No. De dispositivo.	02732	No. de Informe:	DI20-2156
Niv. Ing.	4 th REV. 11-10-2021	Fecha de medición:	Octubre de 2021
Normas Referencia		Unidades:	mm

ITEMS	DESCRIPTION	PIN SIZE	REAL	TOL. SUP.	TOL. INF.	FUERA DE TOLERANCIA
GAGE	GO Ø	2.750	2.757	0.020	0.000	0.000
-12-	NO GO Ø	2.950	2.948	0.000	0.020	0.000
13.12						
GAGE	GO Ø	6.850	6.858	0.020	0.000	0.000
-13-	NO GO Ø	7.250	7.241	0.000	0.020	0.000
13.13						
GAGE	GO Ø	15.400	15.409	0.020	0.000	0.000
-14-	NO GO Ø	15.600	15.595	0.000	0.020	0.000
13.14	Ø Pin Loc	12.400	12.410	0.020	0.000	0.000
GAGE	GO Ø	11.300	11.309	0.020	0.000	0.000
-15-	NO GO Ø	11.500	11.494	0.000	0.020	0.000
13.15						
FLR -A-	GO Ø	4.750	4.766	0.020	0.000	0.000
13.16	NO GO Ø	7.250	7.246	0.000	0.020	0.000

TABLA 5.2 REPORTE DE MEDICIÓN DE LOS GAGES GO NO GO.

5.3 REPORTE DIMENSIONAL.

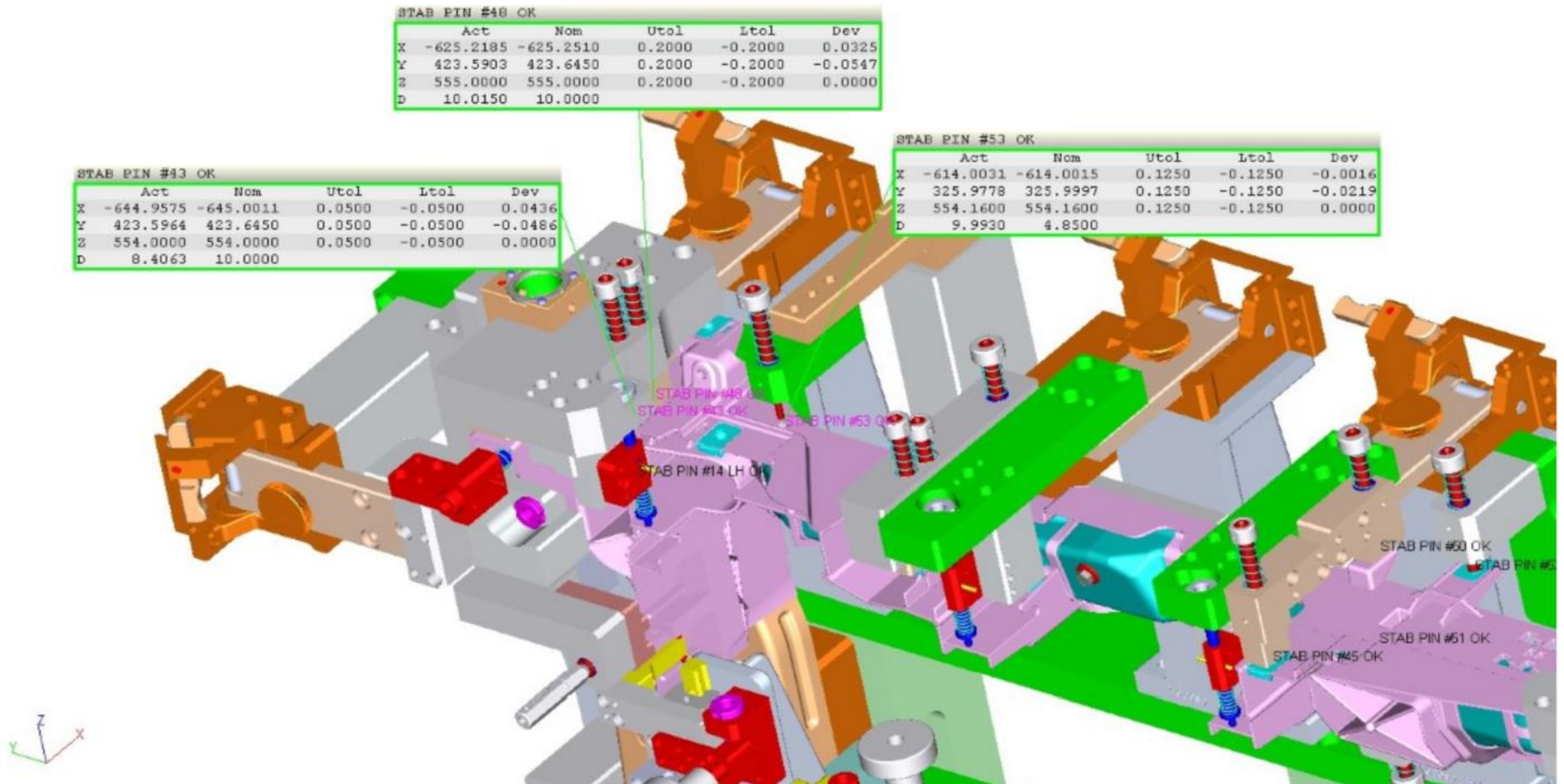


FIGURA 5.2. REPORTE DIMENSIONAL DEL DISPOSITIVO

La Figura 5.2 muestra la evaluación en los puntos especificados del dibujo de la pieza, en este reporte se puede ver si existe alguna desviación de la medición actual contra la media nominal y si existe, cuánto es y cuánto está fuera de tolerancia. La figura anterior nos refleja una medición sin desviaciones, lo que quiere decir que la medida obtenida está dentro de las tolerancias necesarias, en caso contrario, se realiza el ajuste correspondiente hasta obtener toda la medición dentro de especificación.

CAPÍTULO 6. CONCLUSIÓN.

Ahora que hemos visto todo el proceso del diseño y manufactura de un dispositivo de control para inspeccionar el soporte de módulo frontal de un automóvil, se puede decir que es un proceso bastante complejo, pues se requiere de un correcto análisis de las especificaciones que se requieren en el diseño del dispositivo, ya que dichas especificaciones nos permiten saber exactamente qué y cómo se requiere inspeccionar, así como los parámetros y tolerancias permisibles al momento de realizar el diseño, pues recordemos que este dispositivo sirve como un sistema de inspección de calidad para una pieza, evitando que en la producción en masa ocurra algún defecto y este no se detecte a tiempo ocasionando pérdidas que son bastante perjudiciales para la empresa de autopartes.

Se diseñó el dispositivo de control a partir del análisis de las especificaciones técnicas de la pieza, ya que se hizo uso de las herramientas necesarias para poder crear un concepto de diseño que fuera funcional para inspeccionar todas las características del dibujo 2D de la pieza. Así mismo se gestionaron las actividades de fabricación del dispositivo teniendo en cuenta la integración de las áreas correspondientes para lograr tener un producto correctamente ensamblado y liberado listo para utilizarlo, por lo que se verificó la correcta fabricación y funcionamiento del dispositivo en condiciones de ensamble.

Finalmente se realizó uno de los pasos más importantes, se validó el funcionamiento del dispositivo mediante herramientas estadísticas y de procesos para verificar que este cumple su función arrojando datos reales y funcionales para la verificación de la pieza.

Con todo lo anterior, podemos decir que este dispositivo integró diversas áreas de estudio para su elaboración, como el diseño, manufactura, metrología, calidad, mecánica de materiales y estadística, un proceso bastante completo con el cual se pudieron lograr los objetivos planteados en el proyecto.

BIBLIOGRAFÍA

1. HBPO GMDH. (S.F). MÓDULOS FRONTALES. [HTTPS://WWW.HBPOGROUP.COM/ES/PRODUCTOS/MODULOS-FRONTALES](https://www.hbpo-group.com/es/productos/modulos-frontales)
2. ARCE TOOLS. (S.F). DISPOSITIVOS DE CONTROL DIMENSIONAL PARA PIEZAS PLÁSTICAS. [HTTPS://ARCETOOLS.COM/ES/](https://arce-tools.com/es/)
3. MORRAL, F Y MOLERA, P. (2004). METALURGIA GENERAL. REVERTÉ, S. A. (MORRAL, S.F.)
4. YAMAZEN MEXICANA. (S.F). CHECKING FIXTURES PARA LA INDUSTRIA AUTOMOTRIZ EN MÉXICO. [HTTPS://WWW.YAMAZEN.COM.MX/BLOG/ENSAMBLE/CHECKING-FIXTURES-PARA-LA-INDUSTRIA-AUTOMOTRIZ-EN-MEXICO-1.HTML](https://www.yamazén.com.mx/blog/ensamble/checking-fixtures-para-la-industria-automotriz-en-mexico-1.html)
5. KRULIKOWSKI, A. (2009). FUNDAMENTALS OF GEOMETRIC DIMENSIONING AND TOLERANCING. DELMAR. [HTTPS://BOOKS.GOOGLE.COM.MX/BOOKS?ID=XdAKAAAAQBAJ&PG=PA166&DQ=QUE+ES+UN+DATUM+GD%26T&HL=EN&SA=X&VED=2AHUKEwIFvc_BLP7AHXkMUQIHRLNAH8Q6AF6BAGLEAI#v=ONEPAGE&Q=QUE%20ES%20UN%20DATUM%20GD%26T&F=FALSE](https://books.google.com.mx/books?id=XdAKAAAAQBAJ&pg=PA166&dq=que+es+un+datum+gd%26t&hl=en&sa=X&ved=2AHUKEwIFvc_BLP7AHXkMUQIHRLNAH8Q6AF6BAGLEAI#v=onepage&q=que%20es%20un%20datum%20gd%26t&f=false)
6. CARRO, R Y GONZÁLEZ, D. (S.F). CONTROL ESTADÍSTICO DE PROCESOS. UNIVERSIDAD NACIONAL DE MAR Y PLATA. [HTTP://NULAN.MDP.EDU.AR/1617/1/12_CONTROL_ESTADISTICO.PDF](http://nulan.mdp.edu.ar/1617/1/12_control_estadistico.pdf)
7. THE AMERICAN SOCIETY OF MECHANICAL ENGINEERS. (2019). [HTTPS://WWW.ASME.ORG/CODES-STANDARDS/FIND-CODES-STANDARDS/Y145-2009-DIMENSIONES-Y-TOLERANCIAS#:~:TEXT=La%20NORMA%20ASME%20Y14.,INGENIER%C3%ADA%20Y%20EN%20DOCUMENTOS%20RELACIONADOS](https://www.asme.org/codes-standards/find-codes-standards/y145-2009-dimensiones-y-tolerancias#:~:text=La%20norma%20ASME%20Y14.,ingenier%C3%ADA%20Y%20EN%20DOCUMENTOS%20RELACIONADOS).
8. INTEREMPRESAS. (2002). METROLOGÍA DIMENSIONAL CARRO, R Y GONZÁLEZ, D. (S.F). CONTROL ESTADÍSTICO DE PROCESOS. UNIVERSIDAD NACIONAL DE MAR Y PLATA. [HTTP://NULAN.MDP.EDU.AR/1617/1/12_CONTROL_ESTADISTICO.PDF](http://nulan.mdp.edu.ar/1617/1/12_control_estadistico.pdf)
9. PÉREZ, M. (2021). INTEGRACIÓN DEL MODELO LEAN MANUFACTURING CON LA NORMA AUTOMOTRIZ IATF 16949:2016. TESIS PARA OBTENER EL GRADO DE INGENIERÍA LICENCIATURA. BUAP.
10. ARCE, G. (S.F). C.I.Y.D.I. INGENIERÍA APLICADA. CORE TOOLS REFERIDO A IATF16949.
11. QUALITY HOUSE (S.F). GD&T II-GEOMETRIC DIMENSIONING & TOLERANCING