

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE INGENIERÍA



REPORTE DE ACTIVIDADES
PROFESIONALES EN LA EMPRESA
BOCAR SERVICIOS S.A. DE C.V.

TESIS
PARA OBTENER EL TÍTULO DE
INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA

PRESENTA:
EMILIO FRANCISCO LÓPEZ RIVAS

México, D.F.

Ciudad Universitaria, Marzo 2012

A mi familia

Emilio F. López Rivas
Marzo 2012

INDICE

INTRODUCCIÓN	2
1. EMPRESA	3
1.1 Historia	3
1.2 Procesos	3
1.2.1 Partes de Inyección de Aluminio	3
1.2.2 Partes de Moldeo por Gravedad	4
1.2.3 Partes de Inyección de Plástico	4
1.2.4 Otras Capacidades	5
1.3 Clientes	5
1.4 Productos	6
2. MI PUESTO	12
2.1 Diseño de productos mediante sistemas CAD	13
2.2 Dibujos de maquinado, ensamble y fundición	16
2.2.1 Dibujos de Maquinado	16
2.2.2 Dibujos de Ensamble	22
2.2.3 Dibujos de Fundición	25
2.3 Hacer Manufacturables los Diseños	25
2.4 Optimización de Productos	26
2.5 Estudios de Manufacturabilidad	26
2.5.1 Análisis de ángulo de desmoldeo	26
2.5.2 Análisis de espesores	27
2.5.3 Análisis de claros contra herramientas	27
2.6 Estudios de Claros y Función del Producto	28
2.7 Estudios de Acumulación de Tolerancias	32
2.8 Transferencia de Información	32
2.9 Administración de Información	32
3. EXPERIENCIA	34

INTRODUCCIÓN

El presente documento es el reporte de actividades profesionales que presenta Emilio Francisco López Rivas para obtener el título de Ingeniero Mecánico Electricista, tras haber laborado desde el 14 de abril de 1999 a la fecha en Bocar Servicios S.A. de C.V., en el departamento de Diseño de Producto como diseñador de producto terminado.

1. EMPRESA

1.1 Historia

La empresa en la que laboro se llama Bocar Servicios S.A. de C.V. y forma parte del GRUPO BOCAR. Tal empresa empezó en la Ciudad de México en 1967 como una fábrica de bombas de gasolina y carburadores; de ahí surgió el nombre.

En la actualidad, el GRUPO BOCAR se dedica a la manufactura de sistemas y componentes de aluminio y plástico para la industria automotriz. Está conformado por tres divisiones estratégicas que realizan diversos procesos:

- *BOCAR*
 - Maquinado
 - Ensamble
- *AUMA*
 - Moldeo por Inyección
 - Moldeo con molde semipermanente
 - Maquinado
 - Ensamble
- *PLASTIC TEC*
 - Moldeo por inyección de plástico
 - Pintura
 - Ensamble

Estas tres compañías tienen en conjunto nueve plantas en México, dos oficinas de ingeniería y ventas en Estados Unidos y una en Alemania.

1.2 Procesos

El Grupo Bocar cuenta con equipo y maquinaria de alta tecnología para llevar a cabo los procesos de manufactura que realiza.

1.2.1 Partes de Inyección de Aluminio

Grupo Bocar cuenta con máquinas de inyección de aluminio para diversos tamaños de productos, siendo hasta el momento los depósitos de aceite y cubiertas frontales de motor de las partes más grandes. Tales productos se inyectan en moldes que pueden llegar a ser bastante complejos, usando varios carros y pernos retráctiles para formar geometrías caprichosas. Las piezas inyectadas pasan por otros procesos subsecuentes, tales como troquelado para quitar la colada y la rebaba, la eliminación de rebaba en máquinas de vibración, granallado para dar un acabado más estético, grabados electrostáticos, etc.

Posteriormente, se realiza el maquinado de los productos con máquinas de control numérico, las cuales tienen gran precisión para generar maquinados de especificaciones muy estrictas. Los maquinados pueden ser simples con trayectorias

compuestas por interpolaciones lineales y circulares o pueden ser trayectorias complejas generadas en forma "CAD to CAM" (manufactura generada a partir de modelos tridimensionales).

Las piezas maquinadas son ensambladas para conformar un sistema, si es el caso, y posteriormente pueden ser sometidas a diversos procesos de inspección, según el tipo de producto, para el control de calidad. La inspección puede ser de hermeticidad, de porosidad, de resistencia a la corrosión, etc.

1.2.2 Partes de Moldeo por Gravedad

A través del moldeo por gravedad, el Grupo Bocar fabrica partes de geometría interna caprichosa, tales como múltiples de admisión, conectores de agua, etc. Esto lo hace mediante máquinas automáticas que pueden moldear partes tan grandes como un depósito de aceite de motor.

Las piezas moldeadas son sometidas a procesos posteriores como corte de colada con sierra, descorazonamiento ultrasónico si el producto lo requiere, maquinado, etc.

Los procesos finales son básicamente los mismos descritos para las piezas inyectadas de aluminio.

1.2.3 Partes de Inyección de Plástico

Mediante la inyección de plástico la empresa fabrica una gran variedad de partes, siendo una de las más complejas el múltiple de admisión que llevan los motores R4 de Volkswagen (Golf y Jetta tipo A4). Tal múltiple de admisión es entregado a Volkswagen como el sistema de admisión completo, ya que Bocar ensambla el resto de los componentes, como por ejemplo el riel de combustible, los inyectores, etc.

Para partes tan complicadas como los múltiples de admisión, los moldes pueden llegar a tener carros giratorios para formar trayectorias curvas. Tales moldes suelen tener varios carros laterales para formar diversas características como clips, pernos, hoyos, etc., que servirán para ensamblar otros componentes.

Las partes moldeadas por inyección de plástico de algunos productos son unidas entre sí por medio de un proceso de soldado ultrasónico, en el que las partes son vibradas una contra la otra produciendo la fusión de las zonas de soldado y obteniendo así una sola parte con una geometría más compleja. Un ejemplo de un producto que lleva este proceso es el múltiple de admisión antes mencionado.

Los productos hechos por inyección de plástico son sometidos posteriormente al proceso de pintura (si se requiere) y ensamble, además de los procesos de inspección que el producto demande.

1.2.4 Otras Capacidades

Además de los procesos de manufactura para la producción en serie, el Grupo Bocar cuenta con capacidad para diseñar y fabricar distintos dispositivos mecánicos para sujeción durante el maquinado y para distintos tipos de pruebas.

También cuenta con equipo para la realización de pruebas tales como resistencia a la fatiga por vibración, corrosión por salinidad, fuga y pruebas de tracción.

Aunque Grupo Bocar compra la gran mayoría de los moldes que usa para la producción en serie, en Bocar se hacen moldes y cajas de corazones de arena para la fabricación de prototipos. Esto se lleva a cabo maquinando moldes “positivos” con material plástico para formar los moldes de arena. Incluso se ha llegado a fabricar moldes para producción en serie.

Adicionalmente, en el taller mecánico se pueden llevar a cabo modificaciones en los moldes de acero para mejorar los procesos de moldeo. Esto se hace mediante procesos de electroerosionado y soldado.

1.3 Clientes

El GRUPO BOCAR tiene como clientes a varias de las principales empresas automotrices:

- Volkswagen
- GM
- Ford
- Nissan
- Fiat
- Toyota
- Honda
- BMW
- Audi
- Chrysler

En algunos de estos casos GRUPO BOCAR es proveedor de servicio completo (“Full Service Supplier”), lo que significa que además de producir las autopartes, provee el servicio de desarrollo del producto.

GRUPO BOCAR también es proveedor de otras compañías que a su vez son proveedoras de las grandes compañías automotrices:

- Bosch
- Delphi
- Faurecia
- Federal Mogul
- Magna
- Remy
- Sachs

- Siemens
- Trelleborg
- TRW
- Valeo
- Visteon

1.4 Productos

En Bocar y Auma se manufacturan diversas partes para tren motriz como: cubiertas frontales, depósitos de aceite, tapas de punterías, cubiertas VTC, cubiertas traseras de motor, conectores de agua, soportes de motor, soportes de árbol de levas, alojamientos para termostato, soportes de componentes diversos, bombas de agua, bombas de aceite y sistemas de admisión, entre otras.

Las imágenes 1.4.1 a 1.4.12 muestran algunas de las partes en las que he trabajado.



Imagen 1.4.1. Depósito de Aceite. Propiedad de Ford.



Imagen 1.4.2. Soporte. Propiedad de Nissan.



Imagen 1.4.3. Tapa de Punterías. Propiedad de Ford.



Imagen 1.4.4. Múltiple de Admisión. Propiedad de Nissan.



Imagen 1.4.5. Múltiple de Admisión (Parte Inferior). Propiedad de Nissan.



Imagen 1.4.6. Depósito de Aceite. Propiedad de Nissan.



Imagen 1.4.7. Cubierta Frontal. Propiedad de Nissan.



Imagen 1.4.8. Soporte de Agregados. Propiedad de Volkswagen.

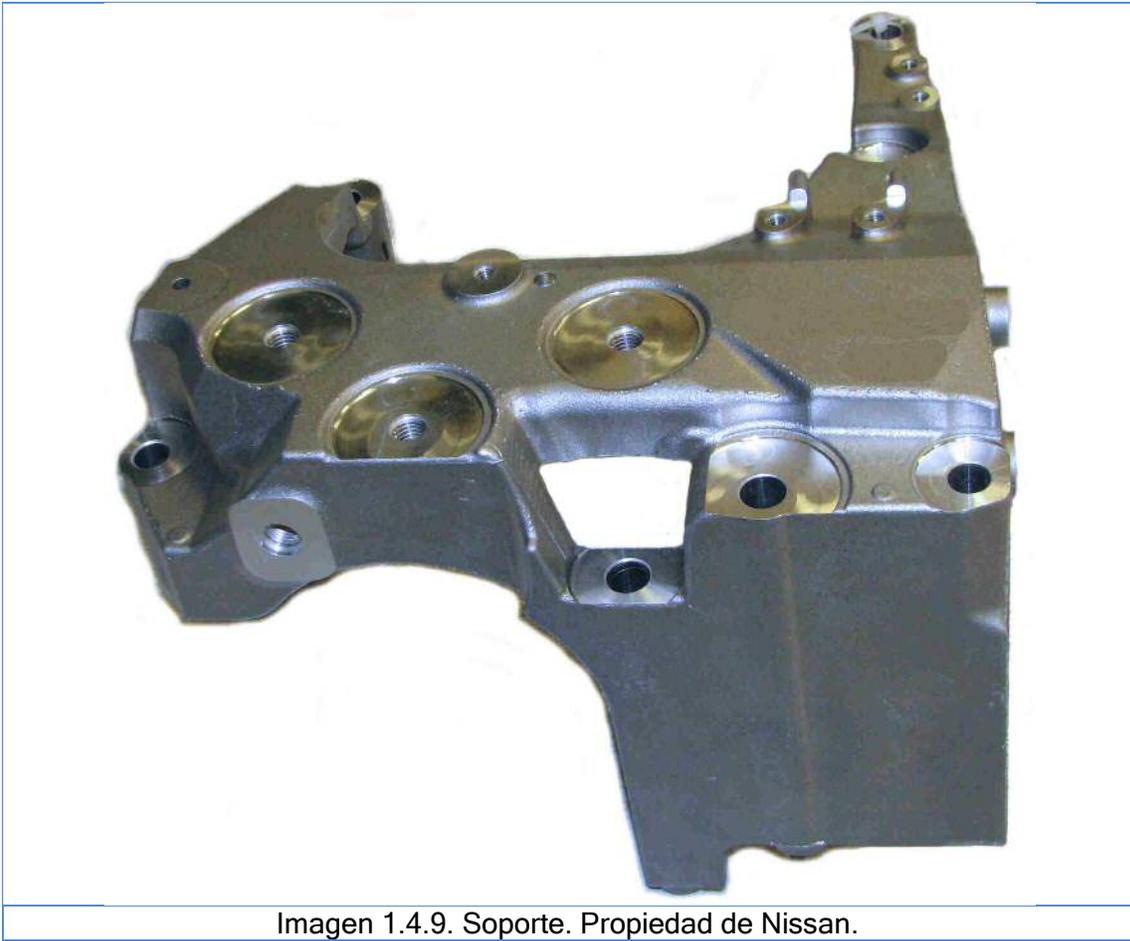


Imagen 1.4.9. Soporte. Propiedad de Nissan.



Imagen 1.4.10. Soporte de Motor. Propiedad de Ford



Imagen 1.4.11. Bomba de Agua. Propiedad de General Motors.



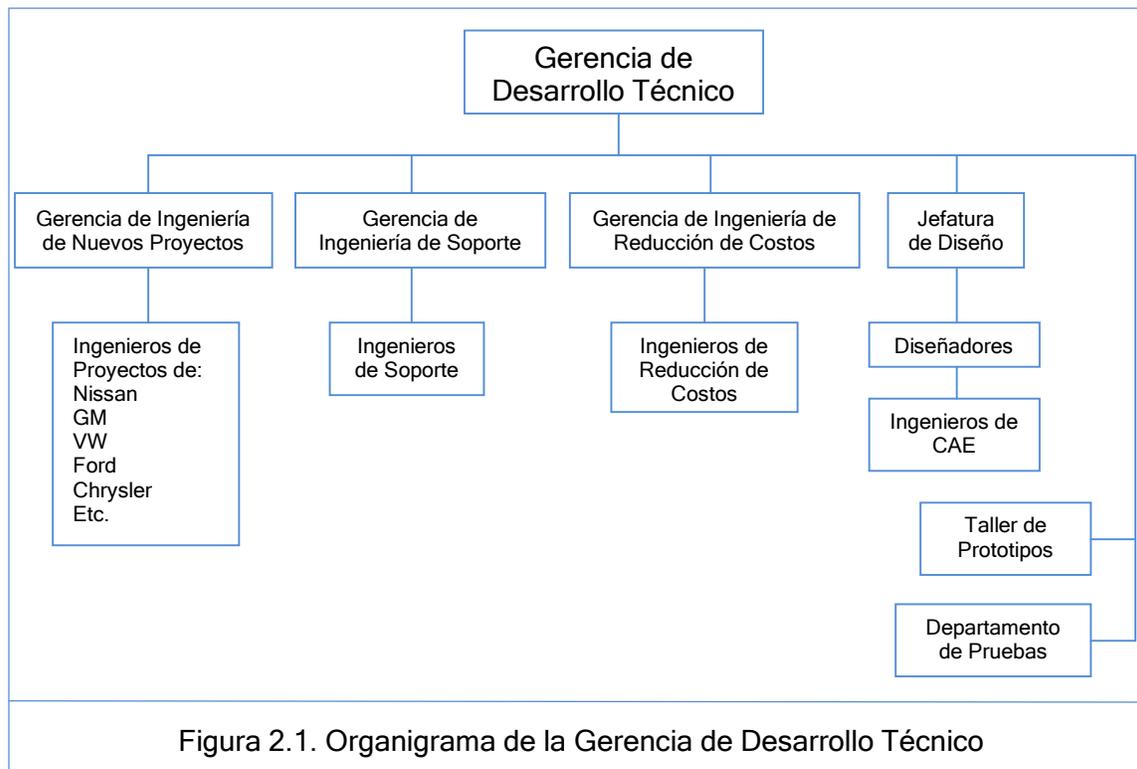
Imagen 1.4.12. Alojamiento de Termostato. Propiedad de Nissan.

En Plastic Tec se fabrican partes de vista para interiores como: consolas, cubiertas de los pilares, manivelas para ventanillas, cubiertas de tablero, aereadores, etc. También se fabrican partes plásticas para el exterior como: esquineros para defensa, guardafangos, cubiertas antisalpicaduras, etc. Además se fabrican algunas partes para tren motriz como múltiples de admisión, cubiertas cubre-cadena y depósitos para líquidos.

No se muestran imágenes de los productos de Plastic Tec porque no obtuve aprobación para usar imágenes de ellos.

2. MI PUESTO

Yo trabajo como diseñador de producto terminado en el departamento de Diseño, el cual pertenece al departamento de Desarrollo Técnico, que le presta servicio a todo el grupo. La figura 2.1 muestra un diagrama del organigrama de Desarrollo Técnico (puede no ser muy preciso ya que cambia constantemente).



Los departamentos de Diseño, Pruebas y Prototipos le proporcionan servicio a las tres áreas de ingeniería.

Como diseñador, mis tareas son:

- Diseñar nuevos productos a través de sistemas CAD.
- Hacer dibujos de maquinado, ensamble y fundición.
- Hacer manufacturables los diseños de los clientes.
- Optimizar productos.
- Hacer estudios de manufacturabilidad.
- Hacer estudios de claros y de función de los productos.
- Hacer estudios de acumulación de tolerancias.
- Transferencia de información a clientes y proveedores.
- Administración de la información recibida y generada por el departamento.
- Diseño de herramientas (en contadas ocasiones).

Estas tareas se detallan a continuación.

2.1 Diseño de productos mediante sistemas CAD.

La mayor parte del tiempo, mi trabajo consiste en usar sistemas CAD para generar y/o modificar modelos tridimensionales y dibujos. Los sistemas que uso son: NX (antes Unigraphics), ProEngineer, CATIA e I-DEAS.

Aunque generalmente los clientes nos proporcionan ya el diseño del producto, en ocasiones el diseño queda a cargo de Bocar. Para ello, los clientes nos proporcionan las especificaciones que requieren de un producto y nosotros lo diseñamos en base a ellas.

Para diseñar un producto se deben llevar a cabo los siguientes pasos:

- Obtener del cliente los requerimientos específicos del producto.
- Obtener del cliente los requerimientos generales del producto. Tales requerimientos suelen estar englobados en la guía de diseño del cliente.
- Obtener información del cliente acerca del entorno del producto en cuestión (información CAD de los componentes aledaños o “Layout”). Tal información suele ser dinámica, ya que el entorno del producto suele estar también en etapa de desarrollo.
- Generar un el modelo 3D del producto en base a los requerimientos antes mencionados.
- Verificar que el diseño cumpla con todas las especificaciones del cliente a través de estudios de función, de claros, de “gradeabilidad”, de niveles de ruido, de resistencia mecánica, etc. (Los últimos dos estudios mencionados los realiza la gente de Ingeniería Asistida por Computadora).
- Verificar que el diseño cumpla con los requerimientos de Bocar, es decir, que cumpla con las necesidades de los procesos de manufactura. Esto se hace mediante estudios de desmoldeo y de espesores de pared.
- Modificar el modelo, en caso de que los estudios mencionados indiquen que así se requiere.
- Generar dibujos de componentes y de ensamble del producto en los cuales se complementa la información necesaria para la manufactura y verificación del producto.
- Envío del modelo y dibujos al cliente para su aprobación.
- Recepción de retroalimentación del cliente (el diseño es aprobado o rechazado).
- Corrección del diseño en caso de rechazo del cliente.
- Una vez aprobado el diseño se fabrican prototipos que son sometidos a diversas pruebas para conocer el comportamiento del producto en condiciones de operación.
- En base a los resultados obtenidos de las pruebas el diseño se actualiza para mejorar su funcionamiento.
- El ciclo se repite hasta obtener un diseño satisfactorio. Entonces el cliente “libera” (aprueba) el diseño para producción en serie.

Como ejemplo del diseño de nuevos productos, voy a mencionar el diseño que hice de un depósito de aceite (“Oil Pan”).

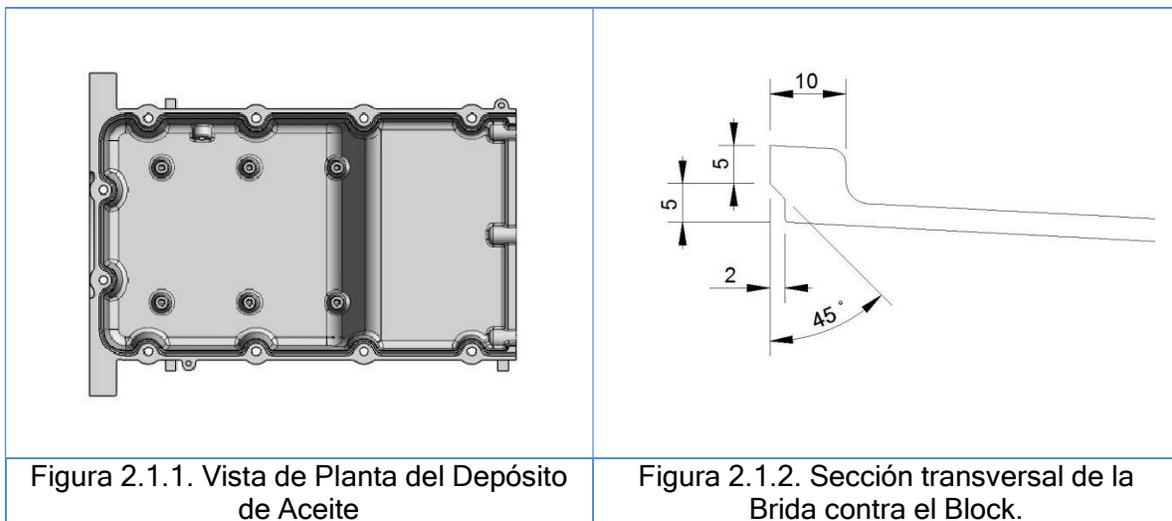
Para diseñar el depósito de aceite, el cliente nos proporcionó la base de datos del motor en el que tal parte iba a ser incorporada. Esta base de datos consistía en un ensamble que contenía al motor, la transmisión y los componentes cercanos al depósito

de aceite, así como superficies que representaban los límites geométricos preestablecidos entre los cuales deben estar todos los componentes del motor. También nos proporcionó guías de diseño para depósito de aceite, sello, tornillos y claros generales. Además, nos indicó algunos requerimientos específicos para este diseño en particular, como por ejemplo:

- Que el depósito de aceite llevaba pernos de alineamiento para el ensamble.
- La orientación del motor en el vehículo (en este caso, longitudinal).
- El método de sellado del depósito de aceite contra el monoblock y la cubierta frontal era a través de un escalón en la brida, en el que un robot aplica un cordón de un polímero RTV.
- El espesor de las paredes debía ser de 3 [mm].
- El ángulo de desmoldeo de la pieza debía ser de 3° .
- El depósito de aceite era una pieza estructural (debía soportar esfuerzos inducidos por la transmisión).
- La capacidad del depósito debía ser de 7 cuartos de galón (6.623 [l]).
- El tamaño de los tornillos a usar para el monoblock, la cubierta frontal y la transmisión.

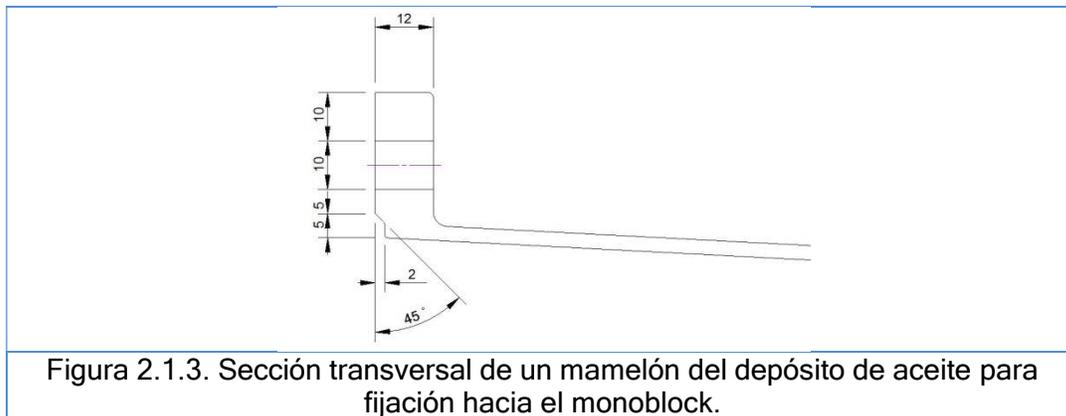
Tales requerimientos influyen mucho en la geometría final del depósito y en las consideraciones a tomar dentro del diseño.

Tomando como referencia la superficie de la brida del monoblock, y siguiendo las indicaciones de la guía de sello del cliente para el caso especial de sello con RTV, definí la trayectoria y la sección transversal de la brida del depósito de aceite, la cual debía hacer sello con la brida del monoblock (ver figuras 2.1.1 y 2.1.2).



Una vez definida la forma de la brida, modelé el cuerpo principal y le hice los recortes necesarios para tener los claros especificados en la guía de diseño contra los componentes cercanos al depósito, tanto internos como externos al motor. Las herramientas que se usan durante el ensamble también fueron consideradas en la definición de los claros.

También basándome en la guía de sello, definí la forma y tamaño de los mamelones en los que se introducen los tornillos de sujeción al monoblock (figura 2.1.3).



De forma análoga a la brida contra el monoblock, definí en el depósito de aceite la brida de sello contra la cubierta frontal (“Front Cover” o “Timing Chain Case”).

Después modelé la geometría de la brida de ensamble contra la transmisión.

El depósito de aceite lleva también un mamelón a través del cual se introduce la varilla de medición de aceite; su posición va en función del espejo de aceite calculado en un nivel mínimo determinado por la guía de diseño.

El tapón de drenado se debe ubicar en el fondo del depósito y se debe cumplir que el volumen de aceite remanente sea menor a un volumen predeterminado en la guía de diseño. Además, debe estar protegido contra posibles golpes de piedras.

Una vez terminado el modelo correspondiente a la etapa de moldeo, le agregué las características de maquinado para la forma de la parte terminada.

Agregué elementos de refuerzo (costillas) al depósito como propuesta inicial para el proceso iterativo de verificación de la resistencia del producto.

Generalmente, el producto que vende la empresa consiste en un ensamble y el caso del depósito de aceite no era la excepción, así que definí las partes que se requerían para el ensamble, como el tubo de succión (“Pick-Up Tube”) y el deflector de aceite (“Baffle”).

Ensamblé tales elementos al depósito, así como los tornillos de fijación al monoblock, que son partes estándar y nos las proporciona el cliente. De esta forma, el modelo inicial quedó completo.

El modelo terminado es la entrada de un proceso iterativo en el que el área de CAE analiza la resistencia, el nivel de ruido y el proceso de llenado del molde del producto, y hace recomendaciones para corregir los problemas encontrados. A través de estas recomendaciones se agregan refuerzos en donde los niveles de esfuerzo son demasiado altos, se cambia la geometría o se refuerza en donde es necesario elevar la rigidez de la parte para evitar que el primer modo de vibración tenga una frecuencia menor a la frecuencia máxima de operación del motor, se reduce el material en las

zonas donde hay una acumulación que producirá poros o en las zonas en donde el material está sujeto a esfuerzos muy bajos, con objeto de aligerar la pieza.

Además de ser un requisito de los clientes para la liberación del diseño, los modelos terminados que hacemos se emplean en una gran variedad de procesos subsecuentes al diseño, como por ejemplo:

- Para generar dibujos de ingeniería
- Para que el proveedor de moldes haga el programa de maquinado del molde
- Para generar programas de medición en el área de Metrología
- Para referencia durante la fabricación de herramental y líneas de ensamble y maquinado
- Para hacer estudios de CAE (antes mencionados)
- Para calcular la masa del producto y así poder cotizar el material
- Para calcular el área proyectada de la pieza y así poder calcular la fuerza de cierre necesaria en el molde.

2.2 Dibujos de maquinado, ensamble y fundición

Aunque el modelo tridimensional del producto se emplea para varios de los procesos en la producción, los dibujos de detalle del producto son indispensables para que los procesos siguientes al diseño se lleven a cabo con toda la información que requieren.

Por ello, en el departamento de Diseño he realizado dibujos de maquinado, ensamble y fundición de una gran variedad de productos.

2.2.1 Dibujos de Maquinado

Los dibujos de maquinado se elaboran con el fin de que el área de manufactura cuente con información detallada de la ubicación, tamaño y terminado de los maquinados que requiere la parte de fundición.

Estos dibujos, primeramente, llevan un marco y un cuadro de datos que pueden ser ya sea del cliente o de Bocar, según sea el requerimiento. El cuadro de datos contiene información del producto, como nombre, número de parte, nivel, fecha, lista de materiales, tratamientos, acabados, normas, autor, revisor, tipo de proyección, escala, etc.

También hay un cuadro de cambios en donde se describen los cambios o revisiones que se van haciendo en los distintos niveles del dibujo, y en ocasiones, se incluyen los nombres de los responsables que autorizaron tales cambios.

El cuerpo del dibujo contiene vistas principales, proyecciones, vistas en sección y vistas de detalle.

Ya teniendo las vistas del producto, se definen las referencias de fundición que denotamos como dato objetivo ("datum targets"), las cuales definen el marco de referencia para orientar la pieza. Primeramente se definen tres puntos en la parte, formados por la misma cavidad del molde, que determinarán un plano. A estos tres

puntos se les suele dar los nombres X1, X2 y X3. Después, se definen dos puntos (Y1 y Y2) que determinarán una dirección normal a la primera. Por último, se define el punto Z1, que definirá una dirección normal a las otras dos.

Los datos objetivo (“datum targets”) son fundamentales para que las áreas de manufactura puedan diseñar el dispositivo de sujeción que se usará durante el maquinado de la pieza. Tal dispositivo tendrá un punto de apoyo para cada característica objetivo en la pieza, la cual será posicionada tocando todos los puntos de apoyo del dispositivo y entonces será afianzada. Esto restringe la pieza totalmente para que pueda ser maquinada.

Posteriormente se definen las características dato, que se emplean como origen para el dimensionamiento y tolerado de la parte. Si las piezas fueran de geometría regular, las características dato serían suficientes para tener un marco de referencia en la pieza, pero para las partes que hace Bocar, que son generalmente de geometría caprichosa, generalmente es necesario definir datos objetivo y a partir de ellos, características dato.

Una vez que se tiene un marco de referencia, se dimensionan las características de maquinado y se agregan tolerancias dimensionales y geométricas. Las tolerancias deben garantizar la función y ensamble del producto, y al mismo tiempo deben ser factibles a través de los procesos de manufactura con los que cuenta la empresa.

Cuando se completa el dibujo, éste debe ser revisado por la planta y posteriormente por el cliente. Cuando la planta y el cliente aprueban (“liberan”) el dibujo, entonces éste y el modelo tridimensional se distribuyen en las diferentes áreas de la empresa para que éstas tengan la información necesaria para realizar los procesos que les conciernen, referentes a tal producto.

Con el dibujo de maquinado, se cotiza, se diseñan y fabrican herramientas, se crean programas de metrología, se hacen programas de control numérico para el maquinado, se manda a fabricar el molde, se mandan a fabricar los empaques, etc.

En las figuras 2.2.1.1 a 2.2.1.4 se muestra un ejemplo de un dibujo de maquinado de un depósito de aceite (oil pan), dimensionado y tolerado. En él se muestran los elementos de dibujo antes mencionados. El dibujo está conformado por las cuatro hojas.

NOTA: Cabe aclarar que toda la información CAD mostrada en este documento es sólo ilustrativa; no es información de la Empresa ni de alguno de sus clientes. Los modelos tridimensionales y los dibujos fueron creados por mí con el único propósito de ejemplificar mis actividades en la Empresa; el producto no es funcional ni tiene todas las características que tienen los productos con los que trabajo. El dibujo tiene un formato que viene incluido en el software de diseño que usé para generar la información y no todos los campos mostrados son usados en la Empresa. El dibujo se presenta en escalas muy reducidas para poder mostrar la parte en un formato pequeño (A4) que pueda ser integrado fácilmente a éste documento, pero los dibujos que genero en la Empresa suelen ser en escala completa y en formatos grandes como A0, 2A, 3A, etc., para poder mostrar toda la información necesaria.

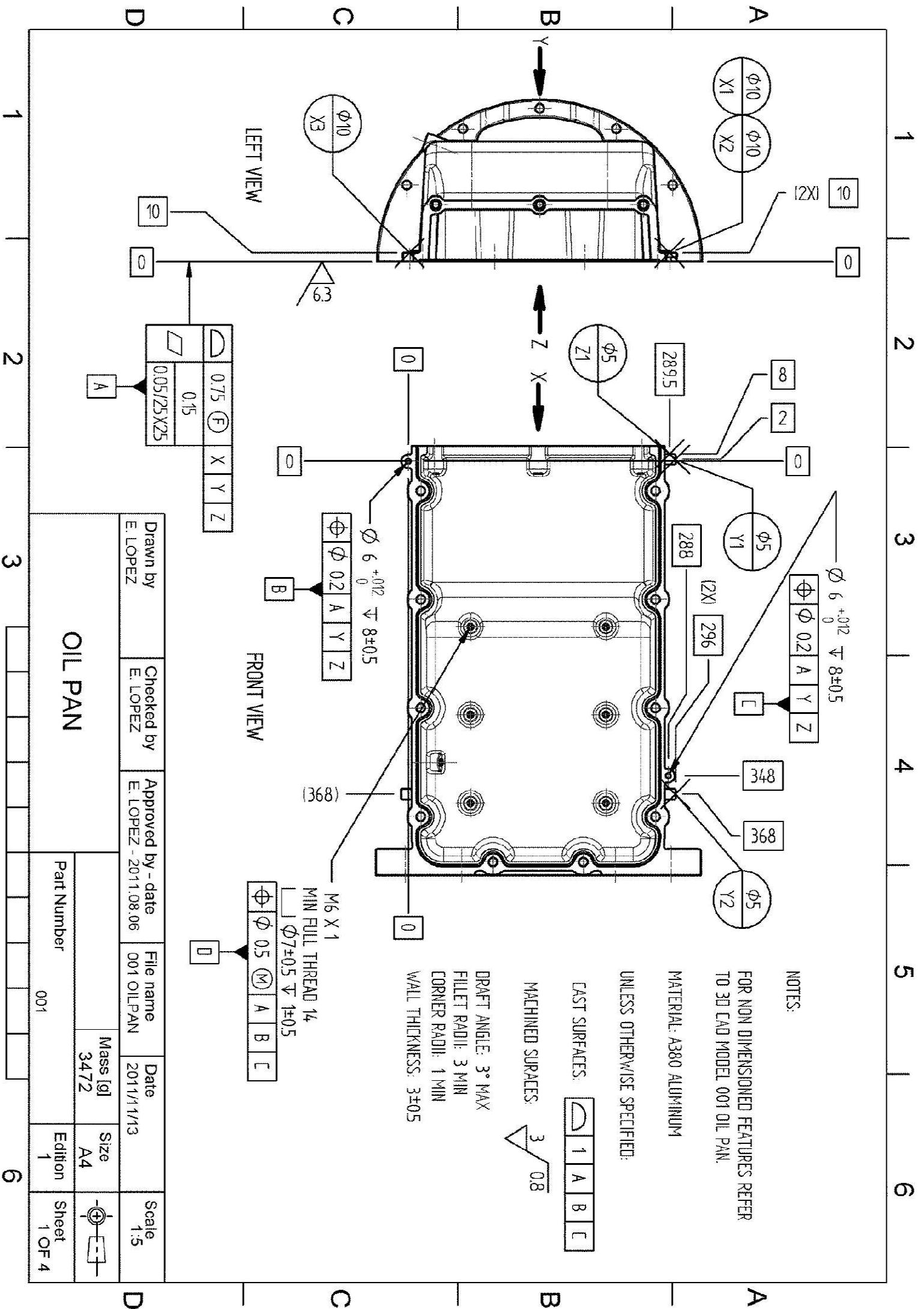


Figura 2.2.1.1. Dibujo de maquinado. Hoja 1 de 4.

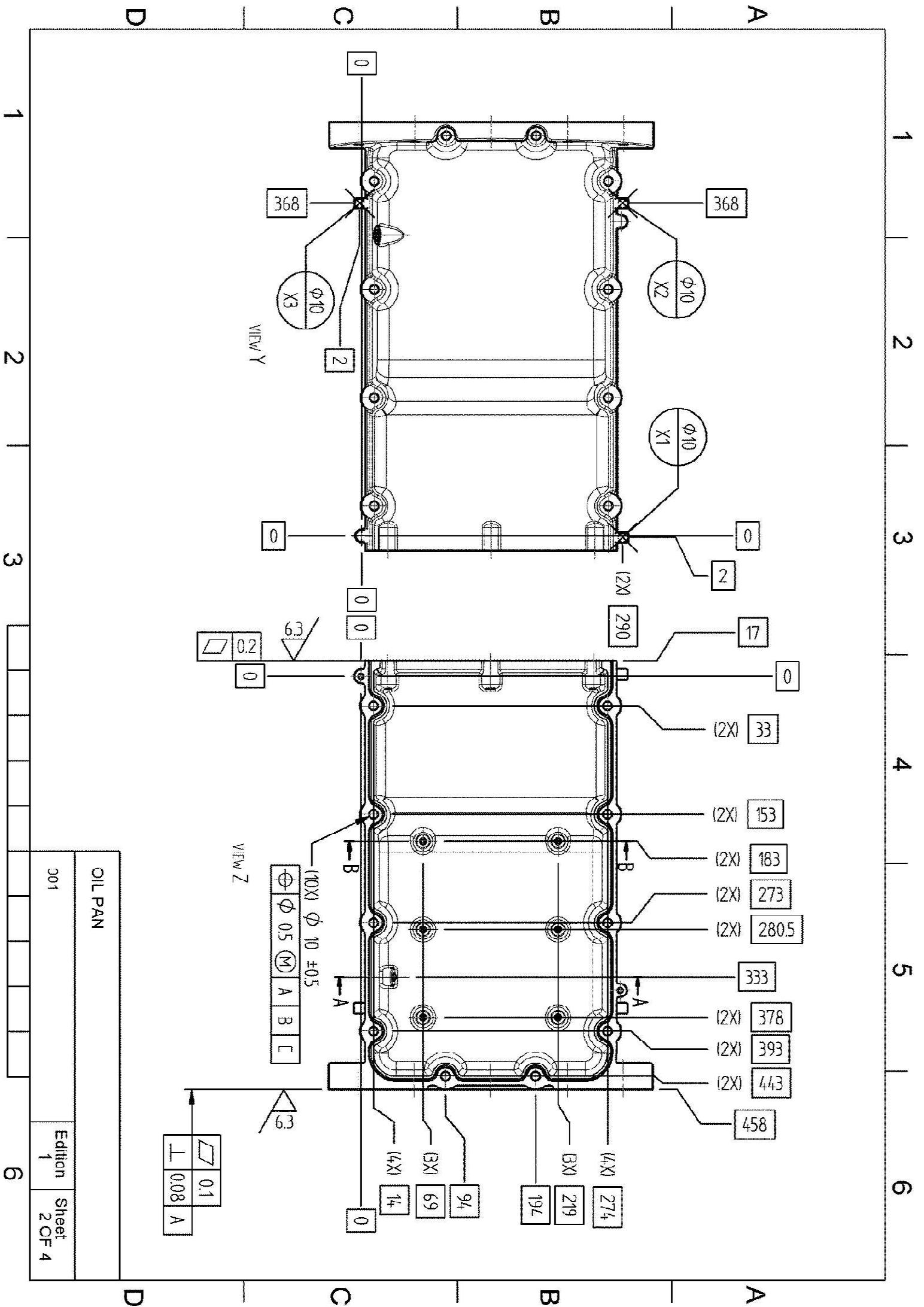


Figura 2.2.1.2. Dibujo de maquinado. Hoja 2 de 4.

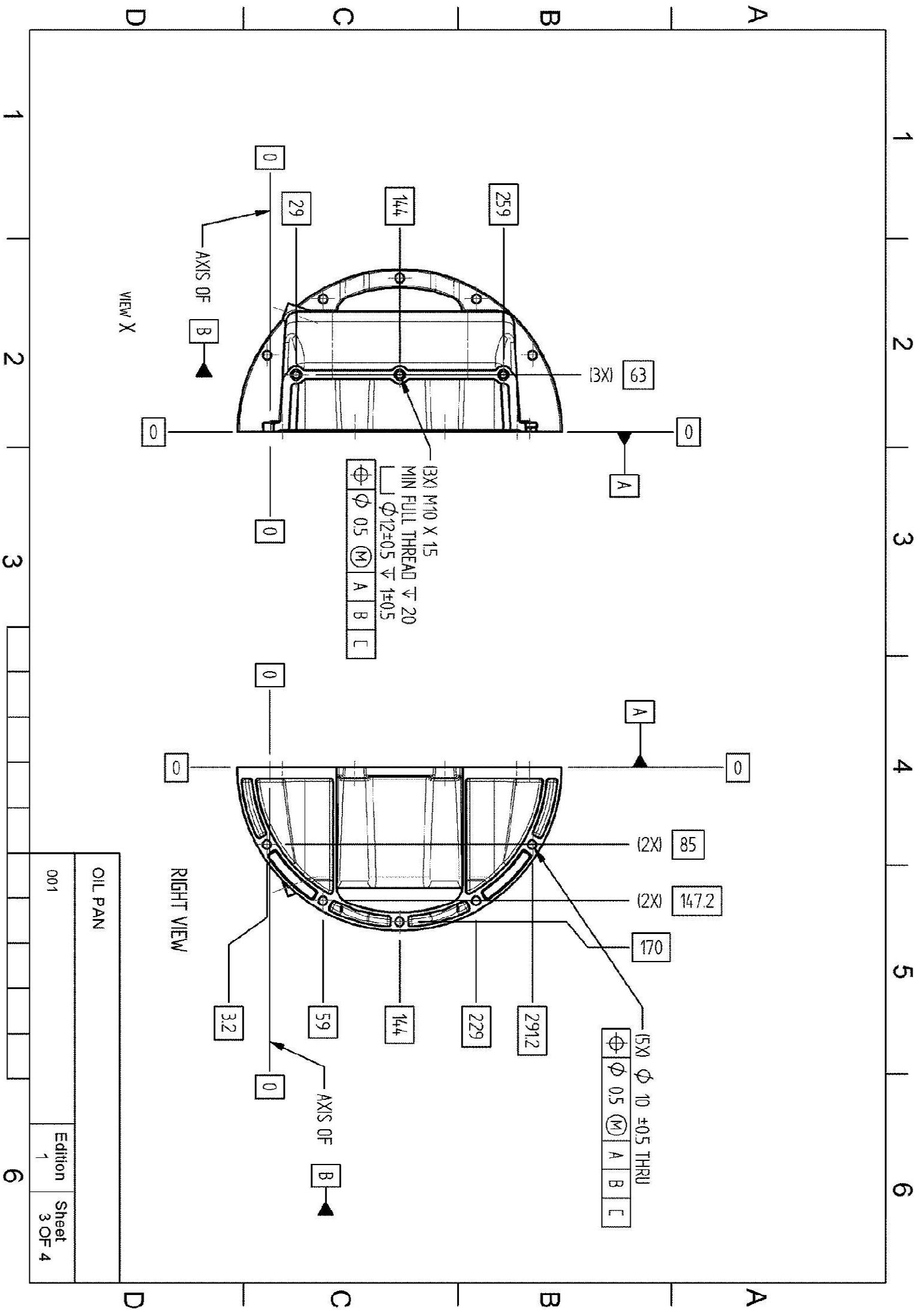


Figura 2.2.1.3. Dibujo de maquinado. Hoja 3 de 4.

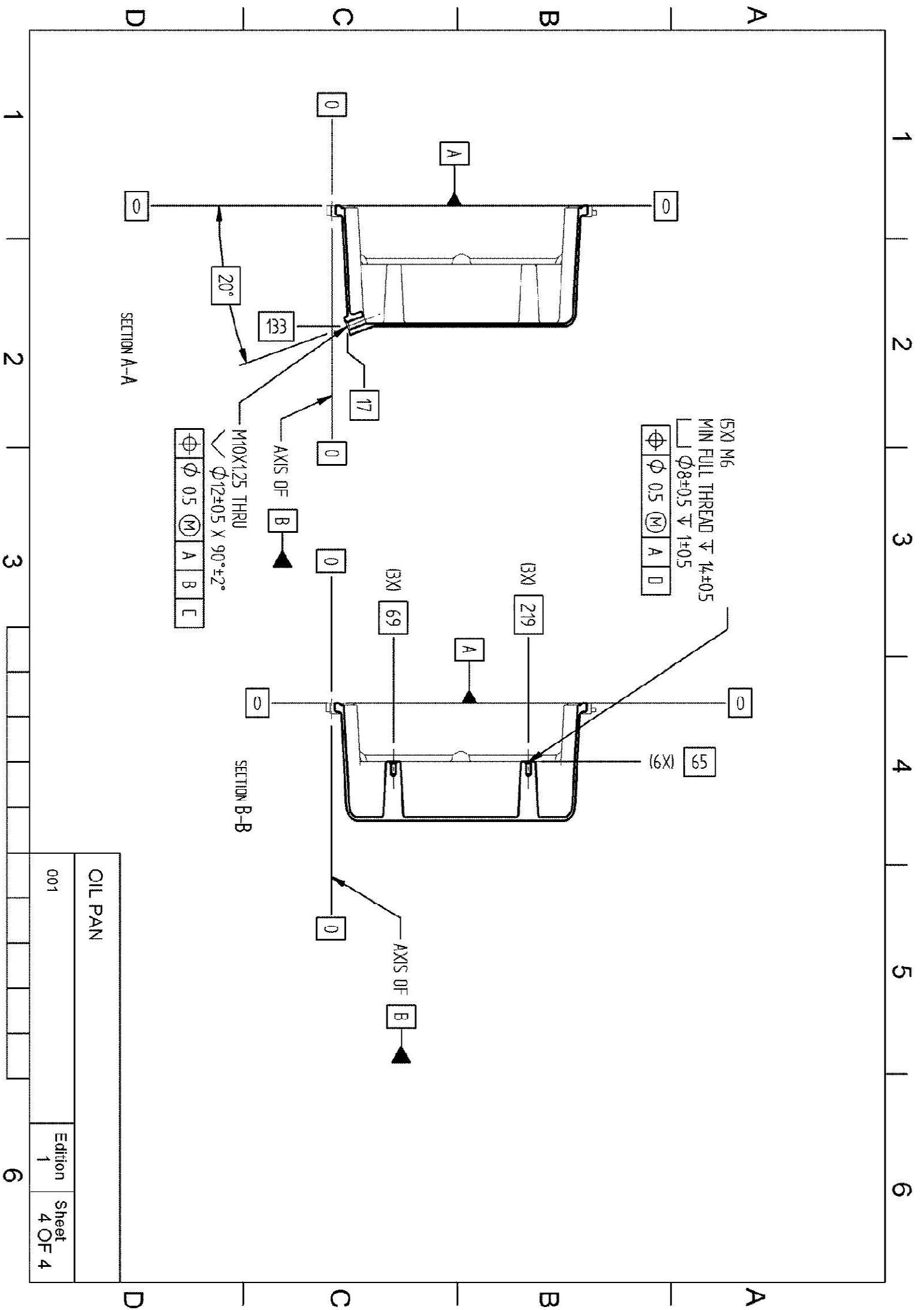


Figura 2.2.1.4. Dibujo de maquinado. Hoja 4 de 4.

2.2.2 Dibujos de Ensamble

Como se mencionó anteriormente, los productos que fabrica Bocar muchas veces consisten en un ensamble de dos o más componentes. Cuando tal es el caso, se hace un dibujo de ensamble, el cual contiene la información necesaria para realizar el ensamble de los diversos componentes. Los siguientes son los elementos de un dibujo de ensamble:

- Vistas con dimensiones de ensamble
- Lista de materiales
- Notas de ensamble
- Identificación de los componentes

Las vistas con dimensiones de ensamble proporcionan información de la posición relativa de los componentes entre sí.

La lista de materiales suele presentarse como una tabla que enumera los componentes, mostrando su nombre, número de parte, cantidad, torque (si el componente es un tornillo), etc.

Las notas de ensamble son indicaciones que definen, por ejemplo, si se debe agregar un adhesivo para sujetar dos componentes, qué proceso se debe usar para realizar el ensamble, cuál debe ser la fuerza de extracción de un componente, etc.

Adicionalmente al dibujo de ensamble, hay dibujos de componentes, que si no son estándar, a veces los generamos en la Empresa.

La figura 2.2.2.1 muestra un ejemplo de un dibujo de ensamble y la figura 2.2.2.2 muestra un dibujo de un componente (el baffle), que corresponden al depósito de aceite del ejemplo del dibujo de maquinado.

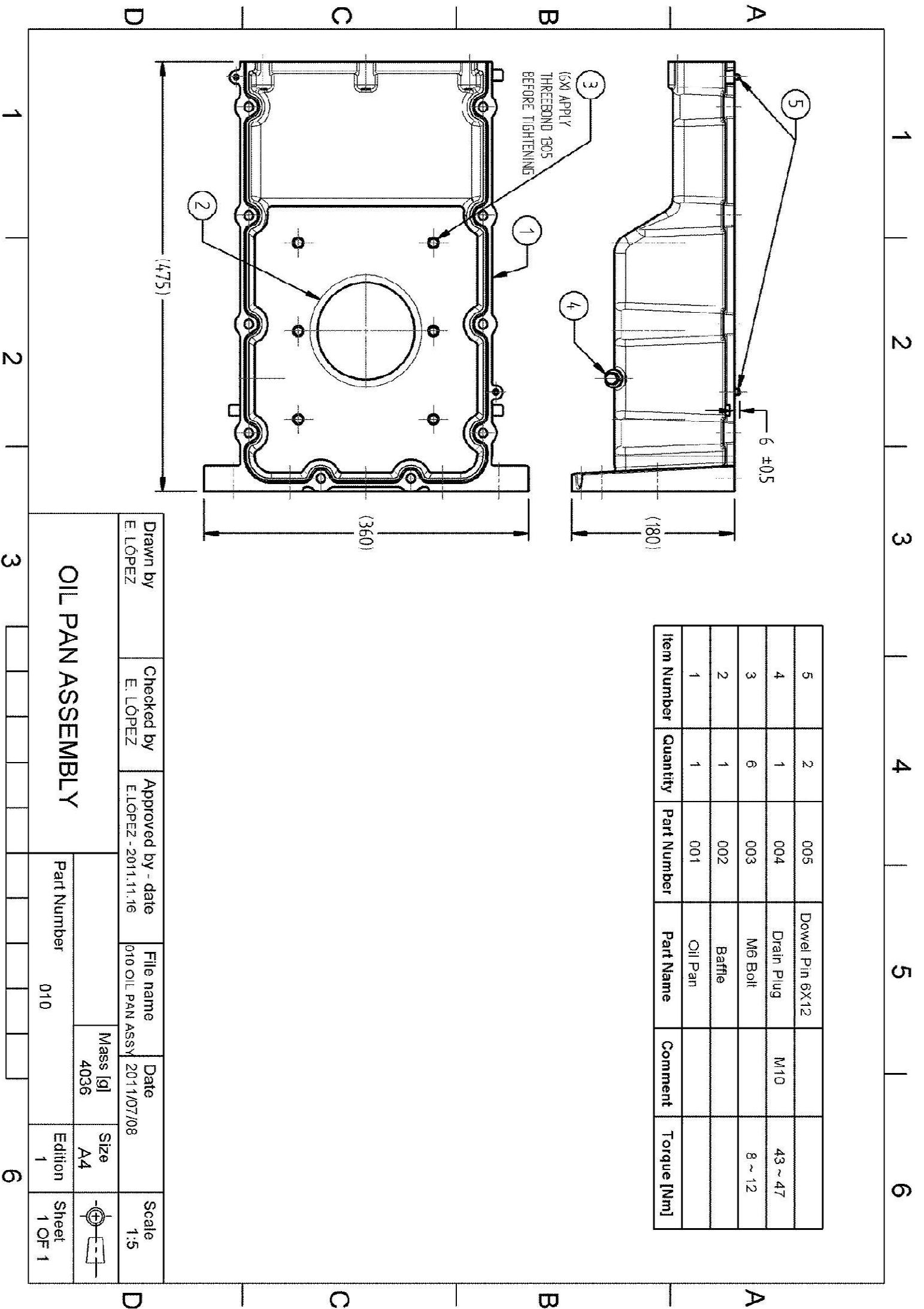


Figura 2.2.2.1. Dibujo de ensamble.

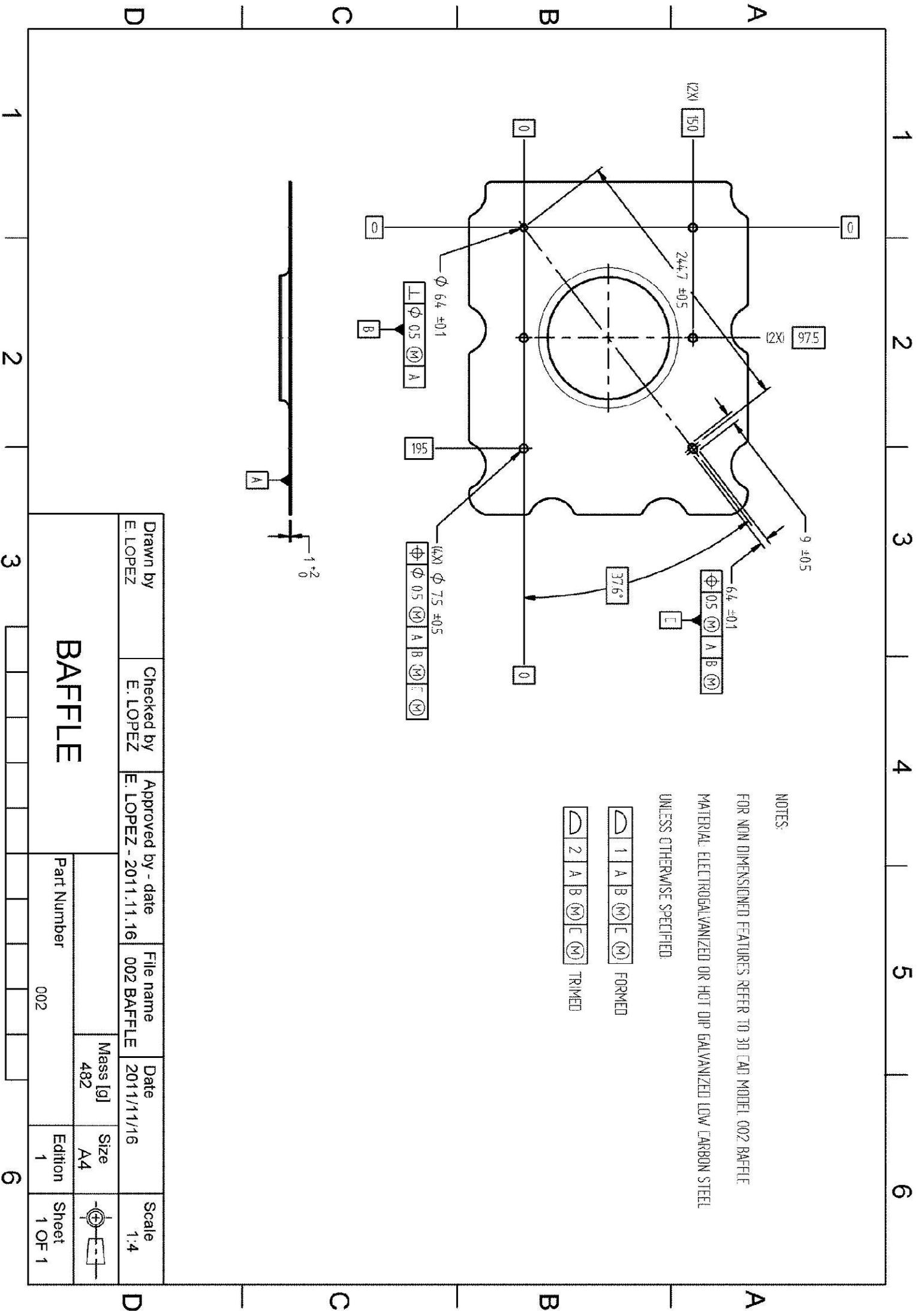


Figura 2.2.2.2. Dibujo de componente.

2.2.3 Dibujos de Fundición

Los dibujos de fundición casi no son usados en la empresa, pero se llegan a elaborar cuando el área de manufactura los solicita. Contienen información muy parecida al dibujo de maquinado, pero además incluyen la descripción de las zonas que posteriormente serán eliminadas durante el maquinado. Estos dibujos se usan para controlar la calidad de las partes que aún no se maquinan.

2.3 Hacer Manufacturables los Diseños

Cuando los clientes son responsables del diseño del producto, yo tengo que incorporar en él todas las características necesarias para que el producto pueda ser manufacturado a través de los procesos existentes en la compañía. Muchas veces, los diseños de los clientes son diseños conceptuales y requieren una cantidad importante de trabajo. En otras ocasiones, los diseños de los clientes ya están suficientemente detallados y sólo requieren la adición de algunas características de manufactura.

Los productos que fabrica Bocar deben tener las siguientes características de manufactura:

- Deben tener un ángulo de desmoldeo general mínimo, dependiendo del tipo de proceso (inyección de aluminio: 1.5°, moldeo por gravedad: 3°, inyección de plástico: 1°).
- No deben tener regiones “negativas”, esto es, huecos en la parte que hagan que el molde no pueda abrirse por interferencia con el material solidificado.
- Debe tener un espesor de pared, de acuerdo al proceso de manufactura, por ejemplo de 3 mm en partes de aluminio inyectado (grandes acumulaciones de material favorecen la aparición de poros; espesores muy delgados pueden generar problemas de llenado).
- Deben tener áreas que puedan usarse como datos objetivo y deben existir zonas que permitan afianzar la pieza en los procesos subsecuentes al moldeo.
- Deben tener redondeos, esto es, se evita tener esquinas en el molde, tanto cóncavas como convexas. Esto es con el fin de evitar un deterioro prematuro en el molde (además de que los redondeos mejoran las características mecánicas de la parte, evitando concentraciones de esfuerzos). Los redondeos cóncavos suelen ser de al menos 3 mm y los convexos de al menos 1 mm.
- Si la pieza lo requiere, debe tener mamelones para pernos de eyección. Éstos se usan cuando se espera que la parte oponga una fuerza considerable para separarse del molde una vez solidificada. En tales casos, el molde tiene unos pernos móviles que expulsan a la parte una vez que el molde se abre. Los mamelones sirven para que los pernos eyectores se apoyen en ellos, proporcionándoles un área plana.
- En muchas ocasiones se requiere, adicionalmente, que la parte tenga una “costilla” a lo largo de la línea de partición para favorecer el proceso de troquelado del producto. Tal “costilla” consiste en una pequeña porción de material que corre a lo largo de la línea de cierre del molde, generalmente de sección circular. Sobre esta “costilla” queda la partición y por lo tanto, también queda en ella la rebaba del proceso de moldeo. Esta rebaba se retira por medio de un proceso de troquelado y al estar la rebaba sobre la costilla, el troquelado no daña la geometría funcional de la parte.

2.4 Optimización de Productos

La optimización de productos es una tarea constante en el departamento de Diseño por varias razones. Generalmente, los clientes solicitan a la empresa una reducción de costos periódica. Además, existe el área de Reducción de Costos en el departamento de ingeniería, cuya labor es estar constantemente proponiendo mejoras en los productos y procesos existentes para obtener un mayor margen de ganancia.

Las optimizaciones más frecuentes que realizamos consisten en:

- **Reducción del material en la pieza.** Esto ayuda a evitar porosidad en las zonas de alta concentración de masa, mejorando el comportamiento mecánico y además, reduce el costo de la pieza por tener menor cantidad de masa. Claro está que esta optimización se propone en Diseño y a través de estudios de CAE se verifica que el desempeño del producto no se vea afectado negativamente.
- **Homologación de procesos de manufactura y de componentes.** Consiste en igualar la mayor cantidad de características y/o componentes posible en el producto para reducir el número de herramientas necesario y los tiempos ciclo de los procesos. Por ejemplo, cuando un diseño tiene barrenos de diferentes tamaños, se hace un estudio de acumulación de tolerancias para saber cuál es el menor diámetro de los barrenos que permitirá asegurar que el ensamble funciona, y en base a esto se puede proponer una homologación de los diámetros de los barrenos.
- **Simplificación de características.** Cuando alguna característica de un producto es compleja o requiere de varios procesos de manufactura o ensamble, es conveniente analizar si es posible sustituirla por una más simple.

2.5 Estudios de Manufacturabilidad

Una de mis responsabilidades es la de verificar que las partes que trabajo tengan una forma apta para ser producidas por los procesos de manufactura que tiene Bocar. En el caso más general, los productos de Bocar son moldeados, maquinados y ensamblados, así que yo tengo que cerciorarme de que la geometría del producto, que es básicamente en lo que yo tengo injerencia, se preste a tales procesos de manufactura.

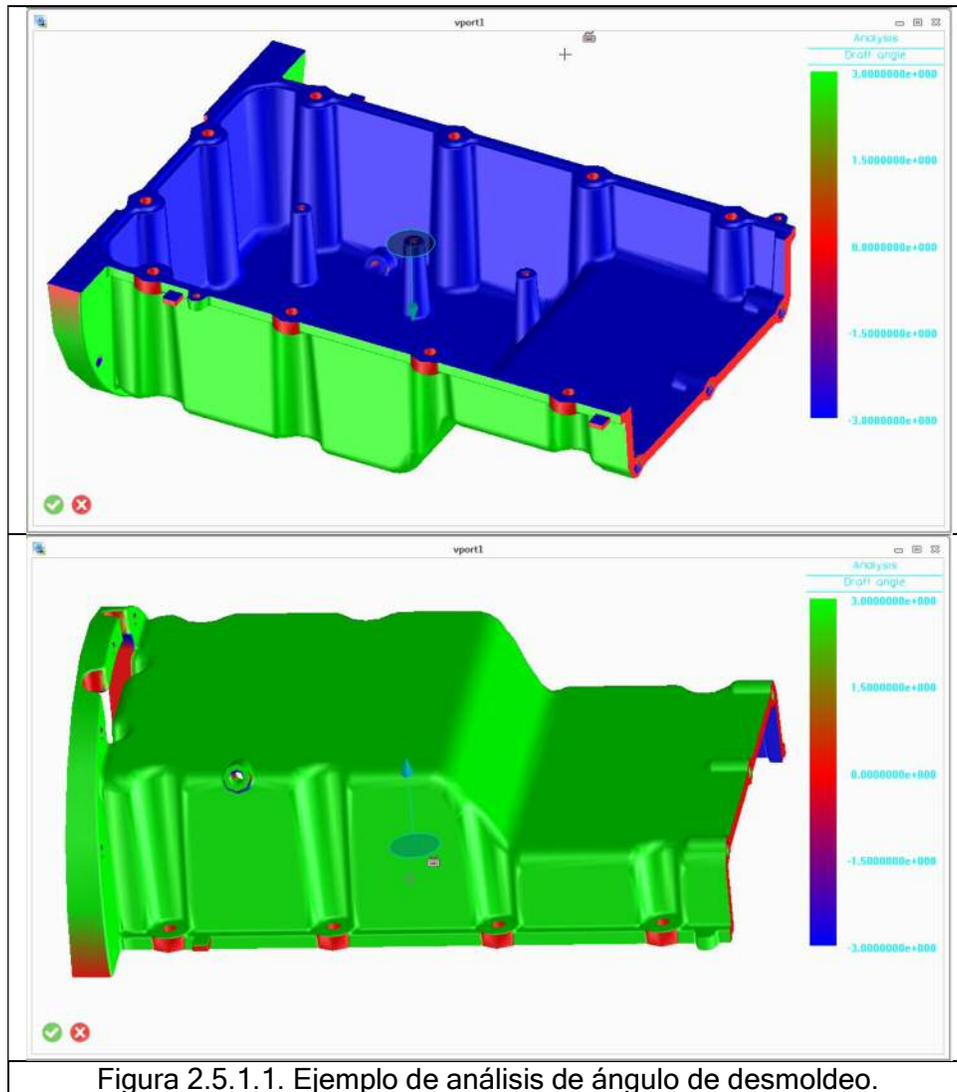
Los estudios de manufacturabilidad que realizo son los siguientes:

2.5.1 Análisis de ángulo de desmoldeo.

Se realiza mediante los sistemas CAD y sus resultados me indican a través de una escala de colores la distribución del valor de la pendiente en todas las superficies del modelo. Con los resultados puedo saber en qué zonas el ángulo de desmoldeo es menor al establecido por la planta y en dónde hay “negativos” (zonas de la pieza que atorarían al molde durante la apertura). De esta manera puedo corregir el modelo, agregando material en las zonas en cuestión.

Las imágenes en la figura 2.5.1.1 muestran un análisis de desmoldeo del depósito de aceite de los ejemplos anteriores. Las zonas en verde corresponden a las superficies inferiores del depósito que desmoldean correctamente. De manera análoga, las zonas

azules corresponden a las superficies superiores que desmoldean bien. Las zonas rojas no tienen ángulo de desmoldeo, y los otros colores indican zonas de transición en donde el ángulo de desmoldeo es menor al deseado.



2.5.2 Análisis de espesores.

Se hace mediante herramientas de CAD, tales como 3D Caliper y NX, y a través de él, me doy cuenta de espesores delgados en la parte o acumulaciones de material. Ambas situaciones son corregidas al detectarlas.

2.5.3 Análisis de claros contra herramientas.

Este análisis permite asegurar que las herramientas de maquinado y ensamble tendrán vía libre para llegar a su destino sin tener colisiones con otras zonas de la parte.

2.6 Estudios de Claros y Función del Producto

Al hacer o modificar un diseño, debo verificar que la distancia hacia los componentes aledaños siga siendo adecuada, según las guías de diseño. Dependiendo del cliente, este proceso puede ser más o menos formal. La validación de claros puede llegar a requerir de un dibujo llamado “Clearance Layout”, en el que se tiene que demostrar mediante dimensiones en vistas de sección que los claros entre el componente en estudio y los componentes cercanos son adecuados. Las distancias mínimas que se reportan se deben calcular previamente en el modelo del ensamble para determinar la posición de la sección en el dibujo.

Por otro lado, se debe hacer una revisión de todas las indicaciones de las guías de diseño que se usaron para la definición del producto. Punto por punto de las guías se deben generar imágenes en las que se demuestre que el requerimiento es cumplido por el producto. Tal revisión se llama “Fit & Function Review”.

Adicionalmente, en el caso de los depósitos de aceite se hace un estudio de “gradeabilidad” (gradeability), en el cual se estudia la ubicación del aceite en el interior del depósito en base a los efectos dinámicos causados por el movimiento y orientación del vehículo, para encontrar la posición ideal del tubo de succión de la bomba de aceite. Las situaciones consideradas son: aceleración hacia adelante, hacia atrás (frenado) y hacia los lados (curva). Esto se hace considerando condiciones extremas: subiendo o bajando pendientes. El estudio se realiza además para diferentes niveles de llenado del depósito.

Los datos que arroja tal estudio son planos inclinados en cuatro direcciones que cortan a la geometría del volumen interno del depósito de aceite y el motor. Cada plano representa la superficie de un volumen específico de aceite, en una orientación específica del vehículo, dado el efecto dinámico en el aceite por la condición específica del vehículo de aceleración/desaceleración/giro.

Las figuras 2.6.1 a 2.6.3 muestran un ejemplo de un dibujo de “disposición de claros” (Clearance Layout) y de un dibujo de un estudio de “gradeabilidad” (Gradeability Study).

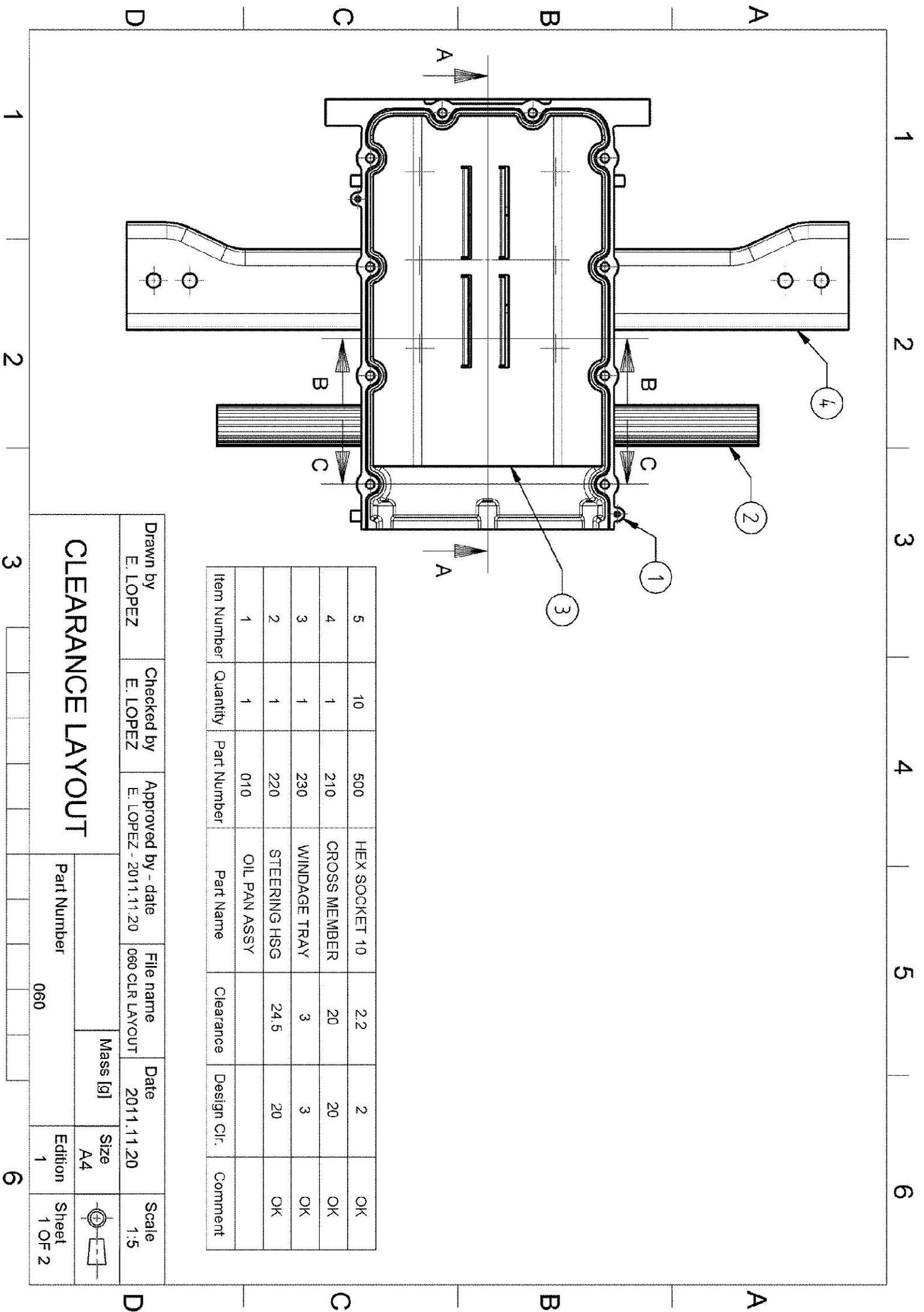


Figura 2.6.1. Dibujo de estudio de claros. Hoja 1 de 2.

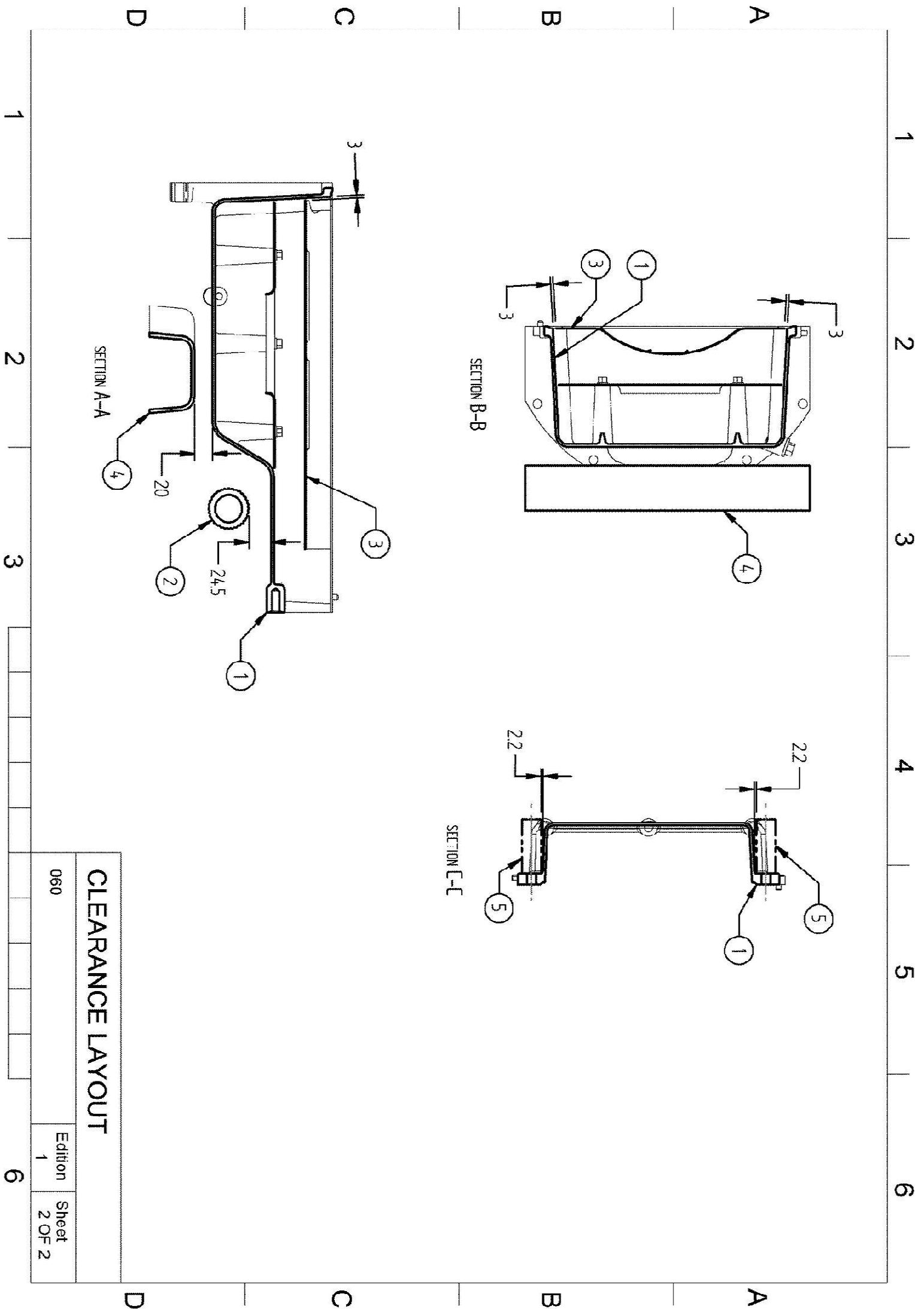


Figura 2.6.2. Dibujo de estudio de claros. Hoja 2 de 2.

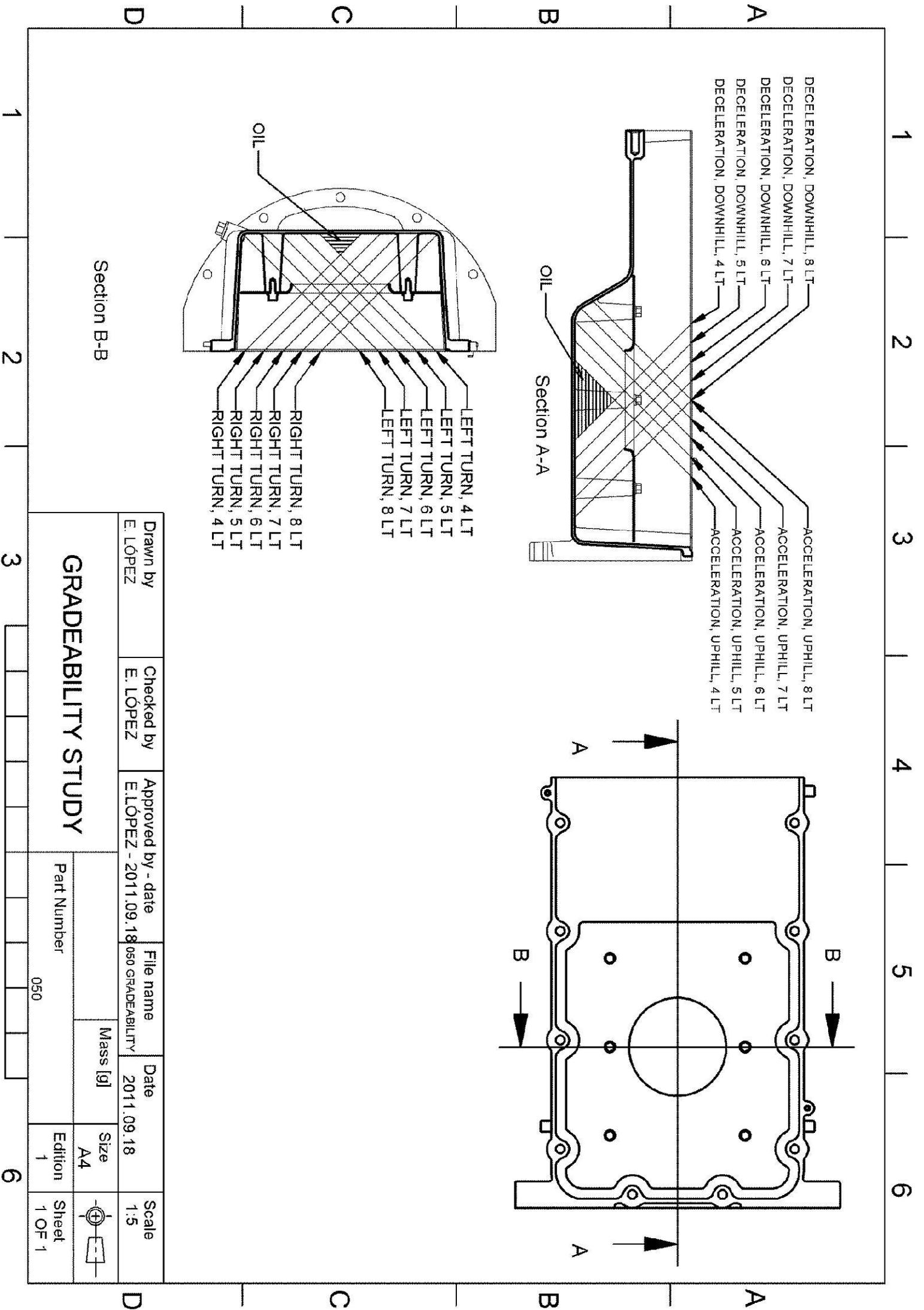


Figura 2.6.3. Dibujo de estudio de "gradeabilidad".

De ésta manera se puede encontrar una pirámide en el interior del depósito de aceite en la que siempre habrá aceite en cualquiera de las situaciones antes descritas.

El dibujo de la figura 2.6.3 muestra un ejemplo de estudio de “gradeabilidad”. En él se distingue un área sombreada en cada sección, que representa la mejor ubicación para el extremo del tubo de succión de la bomba de aceite. (Tal ejemplo es sólo ilustrativo, no se hicieron los cálculos correspondientes a un estudio real.)

2.7 Estudios de Acumulación de Tolerancias

Cuando llego a tener la responsabilidad del diseño de un producto o cuando tengo que proponer una modificación, generalmente necesito validar que la propuesta va a poder ser ensamblada. Esto requiere de un estudio de acumulación de tolerancias (“Stack-Up”) en el que se prevén las peores condiciones de ensamble, derivadas de las posibles desviaciones de las características de todos los componentes que intervienen.

Para este estudio se deben conocer las tolerancias típicas que suelen tener las características geométricas del producto, derivadas de los diferentes procesos de manufactura que intervienen en su elaboración. A través de este estudio se pueden determinar tamaños y/o tolerancias de unas características, en base a otras, buscando siempre obtener un buen funcionamiento del producto, un buen ensamble y procesos de manufactura tan baratos como sea posible (con tolerancias tan abiertas como el estudio lo determine).

2.8 Transferencia de Información

Como diseñador, constantemente recibo información de los clientes. Ellos nos envían información para cotización, como información para realizar cambios o como aprobación. También yo les envío información como propuestas para estudio o para liberación de diseño. Esto se hace a través de los sistemas de intercambio de información que designan los clientes.

También envío y recibo información de los proveedores. Se les manda información para cotizar y fabricar herramientas tales como: moldes, líneas de ensamble, etc. También se envía información a proveedores de componentes y empaques. Igualmente, recibo información de tales proveedores.

Inclusive, hay una cantidad importante de información que se intercambia con las otras áreas de la compañía, como: Ingeniería y Manufactura.

2.9 Administración de Información

Toda la información recibida por el departamento se administra en un sistema de carpetas en red y es rastreable a través de una nomenclatura estandarizada que incluye un código de cliente, código del proyecto, nombre del producto, fecha y estado de la información. De esta manera es fácil encontrar la información cuando se necesita.

Por otro lado yo colaboré en la conceptualización del sistema de administración de órdenes de trabajo del departamento de Diseño. Tal sistema consiste de un programa

HTML ligado a una base de datos de Access y a un repositorio montado en red que permite administrar las órdenes de trabajo de diseño que generan los ingenieros de producto.

A través del sistema mencionado los ingenieros capturan sus solicitudes de trabajo, junto con la información necesaria para que ésta se lleve a cabo, incluyendo la información de los destinatarios en caso de que la información generada por el diseñador deba ser transmitida. Tales solicitudes son analizadas por el jefe de Diseño y son aprobadas o rechazadas, dependiendo de su criterio. Las solicitudes aprobadas se convierten entonces en órdenes de trabajo de diseño y son asignadas a un diseñador. El ingeniero que formuló la solicitud recibe automáticamente un mensaje de correo en el que se informa el veredicto y si éste es positivo, recibe el número de la orden de trabajo generada. Conociendo tal número, el ingeniero puede dar seguimiento al desarrollo de la orden de trabajo. El diseñador asignado recibe un mensaje de correo con la notificación de asignación, el cual contiene una liga hacia la página web de la orden de trabajo (ya que el sistema funciona sobre "browsers"). La página de la orden de trabajo contiene la información del proyecto, el nombre del ingeniero solicitante, el número de parte del producto sobre el que se debe desarrollar el trabajo, la información de la solicitud capturada por el solicitante, los datos de los destinatarios de envío, la fecha de generación de la solicitud y la fecha de asignación de la orden de trabajo.

Una vez que el diseñador terminó las actividades solicitadas, puede realizarse el envío de la información a los destinatarios, o puede "subirse" tal información a la orden de trabajo a manera de "Archivo Adjunto" para que esté disponible para que el ingeniero la revise. En cualquiera de los dos casos, la información es capturada y fechada en la página de la orden de trabajo. Se puede subir información en estas dos modalidades las veces que sea necesario, de tal manera que en la orden de trabajo se genera un historial de los envíos que realizó el diseñador.

Cuando el diseñador considera que el trabajo solicitado por el ingeniero ya fue completado, la información final se "sube" a la orden de trabajo como "Archivo de Finalización". Esto cambia el estado de la orden de trabajo a "Finalizada". Si el ingeniero solicitante considera que el trabajo del diseñador fue correcto, entonces da por terminada la orden, asignándole el estado de "Cerrada". En este momento la orden de trabajo queda congelada y forma parte del histórico de órdenes de trabajo de diseño.

Por otro lado, cuando la orden no ha sido cerrada por Ingeniería, el solicitante puede solicitar actividades adicionales en la orden abierta. Tales actividades adicionales se registran con fecha y hora en la orden y tienen un control que permite marcarlas como "Terminadas". Cuando se marcan como "Terminadas", se registra la fecha y hora de la terminación.

Este sistema de administración de órdenes de trabajo ha sido una herramienta muy práctica para administrar, hasta cierto punto, los proyectos de diseño, incluyendo el historial de modificaciones y de entradas y salidas.

3. EXPERIENCIA

Durante mi estancia en la empresa, desempeñándome como diseñador, he tenido la oportunidad de adquirir diversas herramientas que se requieren para diseñar ciertos tipos de autopartes:

- He aprendido a usar software de diseño que me permite generar modelos detallados de los productos que hoy en día son prácticamente indispensables para llevar a cabo los procesos de manufactura de partes formadas en moldes.
- He obtenido experiencia para generar dibujos técnicos que complementan a los modelos antes mencionados para proporcionar la totalidad de la información requerida para manufactura las partes.
- Adquirí el conocimiento de los requerimientos de diseño para partes manufacturadas a por fundición de aluminio, inyección de aluminio e inyección de plástico.
- He aprendido a interpretar y usar el dimensionado y tolerado geométrico (GD&T) para poder analizar el impacto de las tolerancias de los procesos de manufactura en el ensamble de los componentes y para poder generar diseños adecuados a los procesos de manufactura correspondientes.
- He tenido la oportunidad de conocer las consideraciones que se deben tomar en cuenta para el diseño funcional de algunos productos (sobre todo los depósitos de aceite).
- Pude conocer, en forma general, la metodología de los clientes para el diseño de depósitos de aceite.

En estos años tenido la oportunidad de colaborar generando o modificando modelos y dibujos que han sido empleados para la manufactura de una gran variedad de partes de tren motriz, estructurales y de vista que están en funcionamiento hoy en día en varios modelos de automóviles de las principales empresas automotrices.

Como mi mayor participación en el departamento, aunque el proyecto no llegó a concretarse, generé una propuesta de un múltiple de admisión de aire fabricado en plástico para substituir a uno existente hecho de aluminio que funciona actualmente en un automóvil. Tal diseño fue muy diferente al original, conservando únicamente las mismas posiciones de ensamble a la cabeza de cilindros, las posiciones de los inyectores y las fijaciones de la pieza al motor. Ya que la geometría de los múltiples de admisión es muy caprichosa el nuevo diseño estaba conformado por dos partes de plástico inyectado, unidas por un proceso de soldado ultrasónico (fricción entre ambas a alta frecuencia).

Como novedad, el diseño fue un múltiple del tipo que usa “plenum”, que es un depósito de aire que en conjunto con los ductos (“runners”) crea un efecto de resonancia que permite introducir una mayor cantidad de aire en las cámaras de combustión.

El diseño pasó por dos etapas de prototipos en las cuales se hicieron pruebas de desempeño instalándolo directamente en el automóvil en cuestión y midiendo la aceleración (midiendo el tiempo requerido para cambiar de una velocidad específica a otra).

Los resultados se compararon con los de unas pruebas idénticas llevadas a cabo usando el múltiple original.

Con el primer prototipo se consiguieron resultados muy similares al diseño original, pero con el segundo se obtuvo una mejor respuesta que la original.

Una ventaja adicional obtenida en el nuevo diseño por cambiar el material fue que la masa del múltiple se redujo aproximadamente a la mitad.

En general, durante mi estancia en el Departamento de Diseño, he podido aplicar muchos de los conocimientos adquiridos en la Facultad de Ingeniería, tales como conocimientos de mecánica, de sólidos, geometría, procesos de manufactura, diseño e ingeniería por computadora, dibujo mecánico, diseño de elementos de máquinas, computación, etc.