SEP
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA

TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO

Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez

INFORME TÉCNICO DE RESIDENCIA PROFESIONAL

INGENIERÍA MECÁNICA

QUE PRESENTA:

VICENTE GUTIÉRREZ PÉREZ

CON EL TEMA:

"MODIFICACIÓN DE DISEÑO DEL CUSHION BOTTOM DA69-01593A PARA LA MEJORA DE ESTABILIDAD DE EMPAQUETADO EN EL ÁREA DE REFRIGERADORES"

PERIODO DE REALIZACIÓN:

ENERO-JUNIO 2019

TUXTLA GUTIÉRREZ, CHIAPAS **JUNIO 2019**

AGRADECIMIENTOS

A mi madre

Por habernos sacado adelante a mi hermano y a mí, por darnos educación, por darnos todo cuando no tenías nada, y no te rendiste jamás, por tantas horas que estuviste trabajando para que nada nos faltara, por tus consejos eso y mucho más. Te amo mamá.

A mis profesores

Agradezco a los todos docentes que con su sabiduría, conocimiento y apoyo, motivaron a desarrollarme como persona y profesional.

A mi hermano

Mi agradecimiento infinito a mi hermano quien supo apoyarme en todo momento para que pueda terminar esta carrera.

A Dios

Por bendecirme la vida, por guiarme a lo largo de mi formación profesional, ser el apoyo y fortaleza en aquellos momentos de dificultad y de debilidad

CONTENIDO

1.- INTRODUCCION 3
2.- JUSTIFICACIÓN 5
3.- OBJETIVOS 6
3.1.- Objetivo general 6
3.2.- Objetivos específicos 6
4.- CARACTERIZACION DEL AREA DE PARTICIPACION 7
5.- PROBLEMA A RESOLVER 9
6.- ALCANCES Y LIMITACIONES 10
7.- FUNDAMENTO TEORICO 11
7.1.- Definición 11
7.2.- Química del poliestireno 12
7.3.- Mecanismos de reacción 12
7.4.- Tipos de poliestireno 14
7.4.1.- Poliestireno cristal (GPPS) 14
7.4.2.- Poliestireno de alto impacto (HIPS) 17
7.4.3.- Poliestireno extruido (XPS) 20
7.4.4.- Poliestireno expandido (EPS) 23
7.5.- Procesos de conformado 31
7.5.1.- Extrusión 31
7.5.2.- Moldeo por inyección 32
7.6.- El ciclo de inyección 34
7.7.- Características de las máquinas de inyección 36
8.- DESARROLLO 39

8.1.- Análisis del diseño actual 43
8.2.- Modificación del diseño 45
8.2.1.- Primera modificación 46
8.2.2.- Segunda modificación 46
8.2.3.- Tercera modificación 47
8.2.4.- Cuarta modificación 48
8.3.- Molde de inyección 49
8.4.- Prueba de ensamble 50
8.5.- Realización de pruebas 52
8.5.1.- Test 1 Vibración 52
8.5.2.- Test 2 Stacking 55
8.5.3.- Test 3 Drop (caída) 57
9.- ANALISIS DE RESULTADOS Y APLICACIÓN EN LA LINEA DE PRODUCCION .. 62
10.- CONCLUSIÓN 64
11.- FUENTES DE INFORMACIÓN 65
12.- ANEXOS 66

1.- INTRODUCCION

El transporte de productos es muy complejo y los plazos de entrega suelen ser muy estrictos, entregar tarde o de forma defectuosa un producto puede resultar en una pérdida significativa de dinero para la empresa que por ende la empresa pierda prestigio. Los aspectos más críticos, en cuanto a transporte de productos, tienden a referirse a las condiciones especiales de transporte que requieren ciertos productos, los principales problemas que se pueden encontrar actualmente son:

- Daños producidos al producto durante la operación de carga y descarga.
- Vuelco del producto por la falta de estabilidad durante el trayecto.
- Estiba inadecuada.
- Aplastamiento de mercancías por sobrecarga.

De aquí surge la importancia del embalaje de los productos el cual suele ser el resultado para minimizar los daños en los productos durante su distribución. Por lo que la empresa debe ver por la calidad de su producto, el embalaje deben ser adecuados al producto y al viaje que van a realizar.

Samsung es una empresa dedicada al negocio de la tecnología y electrónica, de talla mundial aunque también mantiene negocios en el sector financiero, biotecnológico, sanidad, comercio, sector servicios, construcción naval y construcción civil.

El siguiente trabajo hace referencia a la modificación de la base del embalaje de los productos en este caso refrigeradores para la reducción de daños durante su transporte. El embalaje es todo aquello necesario en el proceso de acondicionar los productos para protegerlos, y/o agruparlos de manera temporal pensando en su manipulación, transporte

y almacenamiento. Preservando la calidad de la carga a la vez que se mantiene a salvo, en todas aquellas operaciones en la que se ve envuelta, durante el trayecto entre el exportador y el importador.

De esta manera nos enfocaremos en la modificación del Cushion Bottom hecho de material EPS (material más común para el embalaje de productos), mediante el software NX, es un CAD que se emplea para:

- Diseño (modelado paramétrico y sólido directo / superficie)
- Análisis de ingeniería (estático; dinámico; electro-magnético; térmico, utilizando el método de elementos finitos; y fluido, utilizando el método de volúmenes finitos).
- Fabricación de diseño terminado utilizando módulos de mecanizado incluidos.

NX es un competidor directo de CATIA, Creo, Autodesk Inventor y SolidWorks.

2.- JUSTIFICACIÓN

El Cushion Bottom es de gran importancia, ya que este es un medio que asegura la estabilidad de los refrigeradores durante su transporte a los diferentes países a los que se envían, esto también permite que el producto no sufra daños tales como rayones, golpes, desensamble de componentes debido a la vibración, etc.

Los daños mencionados anteriormente son los más comunes que se han presentado dentro de la empresa y por estos problemas Samsung ha tenido pérdidas millonarias debido a demandas presentadas por los clientes que consumen este productos y más por los consumidores estadounidenses, ya que es uno de los países con mayor exigencia en la calidad de los refrigeradores.

Por lo tanto resolver este tipo de problemas es indispensable, ya que ayudaría a la empresa a reducir las demandas y por consecuencia las pérdidas millonarias puedan ser menores.

3.- OBJETIVOS

3.1.- Objetivo general

Modificar el Cushion Bottom para obtener la mayor estabilidad en el empaquetado a fin de mantener la calidad del producto durante el transporte y entrega.

3.2.- Objetivos específicos

- Analizar el diseño actual
- Realizar modificaciones al diseño
- Someter a pruebas de esfuerzo e impacto
- Verificación del diseño y análisis de resultados
- Actualizar planos y work instruction
- Funcionalidad en línea principal

4.- CARACTERIZACION DEL AREA DE PARTICIPACION

Samsung es un conglomerado de empresas multinacionales con sede en Seúl, Corea del Sur. El grupo Samsung está formado por más de 80 empresas entre filiales, subsidiarias y firmas participadas. La rama de negocio más conocida es su división de tecnología y electrónica (Samsung Electronics), aunque también mantiene negocios en el sector financiero, biotecnológico, sanidad, comercio, sector servicios, construcción naval y construcción civil. La suma de todas esas actividades representa por sí sola cerca del 20% del producto interno bruto de Corea del Sur.

La firma asiática, que llegó a México en 1995 y se estableció en una oficina de representación en la Ciudad de México, ahora da empleo directo a cerca de 6,000 personas a nivel nacional y cuenta con dos plantas: una en Tijuana donde fabrica televisores, monitores y equipos de sonido y otra en Querétaro (2003), donde produce artículos de línea de blanca, la cual se ubica en: Carretera Querétaro-San Luis Potosí KM 28.5, Av. Benito Juárez, Santa Rosa Jáuregui, 76220 México City, Qro. (Ilustración 1).

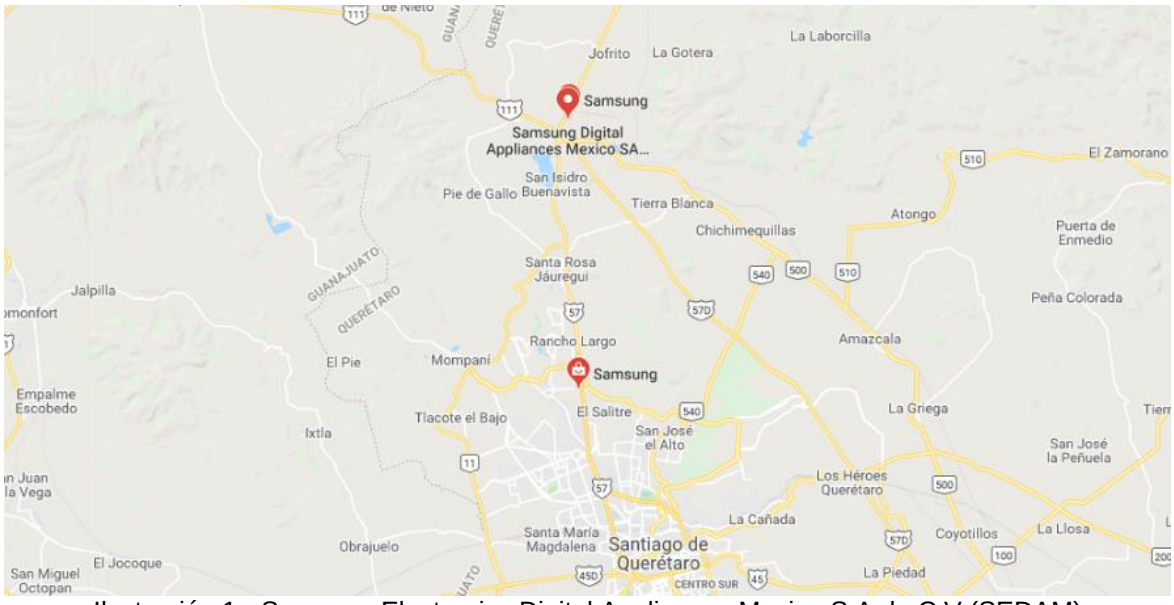


Ilustración 1.- Samsung Electronics Digital Appliances Mexico S.A de C.V (SEDAM)

En SEM-P Querétaro se fabrican lavadoras, secadoras y refrigeradores, dentro de la planta de refrigeradores, se cuenta con diferentes áreas como lo son calidad, compras, producción, mantenimiento, etc. Ingeniería de producto es un área que se encarga de todos los problemas que surjan con respecto a los refrigeradores, además, también es el encargado de generar nuevos modelos. Esta área está dividido en equipos que realizan trabajos diferentes. Transferencias es uno de ellos, a continuación se explica los objetivos y las actividades que se realizan en este equipo:

Transferencia de Ensambles por Liberación de Capacidad de Proveedor.

Tiene como objetivo:

- Realizar Transferencia de proceso de ensambles para Liberar capacidad de proveedor
- Obteniendo reducción de Costo
- Mejora de Calidad de ensamble
- Decremento de Capacidad de Ensamble (Proveedor)

Desarrollo:

- Configuración de Transferencia en Sistema [CIS]
- Creación de Documentación Requerida [Hoja de Aprobación o instructivo de Trabajo].
- Evaluación de Diseño: Comparar Piezas Física Vs Diseño de Piezas.
- Comparar Ensamble Físico Vs BOM
- Exposición de resultados obtenidos.
- Aplicación de Mejoras
- Validación

5.- PROBLEMA A RESOLVER

Este proyecto tiene como objetivo dar solución a la problemática que se presenta actualmente dentro de la empresa Samsung Digital Appliances Mexico S.A de C.V. Con la estabilidad en el empaque de los refrigeradores producidos en dicha empresa, mediante la modificación del diseño del Cushion Bottom DA61-01593A empleado en refrigeradores TMF específicamente en modelos RT35 y RT38.

El diseño actual fue implementado en el año 2015 dentro de la planta, anteriormente se estaba empleando un diseño para determinada capacidad del refrigerador, pero debido a los cambios que se han realizado a los refrigeradores RT35 y RT38 se implementó el actual diseño y desde entonces se han venido presentando fallas y problemas que para la empresa representa una pérdida económica elevada. Estas fallas se presentan debido al mal ensamble en la línea donde este modelo es producido (LINEA A) y por interferencia entre los patines del producto y el Cushion Bottom provocando que estas se fracturen y como consecuencia que el empaquetado no sea estable.

La empresa cuenta con 4 plantas una de ellas es injection team el cual se encarga de producir piezas de inyección para el área de lavadoras y refrigeradores y por lo tanto surte los materiales EPS que se utilizan en el empaque de los refrigeradores, este grupo de trabajo también se encarga de la modificación de los moldes, modificaciones que son consecuencias del cambio de ingeniería en los componentes.

Y debido a los problemas que se mencionaron anteriormente se ha decidido realizar la modificación del diseño del Cushion Bottom, se pretende aplicar ciertos cambios que se realizaran al diseño actualmente implementando, mejorando la estabilidad del producto y reduciendo las pérdidas económicas para la empresa.

6.- ALCANCES Y LIMITACIONES

En este proyecto de residencia profesional se pretende obtener los siguientes alcances:

- Resarcir la problemática, modificando el diseño del Cushion Bottom de los modelos RT35 y RT38.
- Ostentar los beneficios que se obtendrán al modificar el diseño del Cushion Bottom.
- Asegurar la calidad del producto durante su transporte.

Las limitantes que se presentan son:

- El proyecto solo aplica para modelos RT35 y RT38, es decir la modificación solo se realizara para el Cushion Bottom DA97-01593A.

7.- FUNDAMENTO TEORICO

7.1.- Definición

El cushion bottom es un pieza colocado en la base del refrigerador, es fabricado a partir de la inyección de poliestireno expandido empleado en empaquetado de productos con el fin de evitar que sufran algún tipo de daño durante el transporte a los diferentes lugares a los cuales se envían, su función es amortiguar los golpes y vibraciones preservando la calidad de dichos productos.

En muchos países es conocido por otro nombre por ejemplo en Colombia es conocido como Icopor, en España como poliexpán, en Panamá como Foam (Espuma en inglés), etc. En México es conocido como unicel (Ilustración 2).

Ilustración 2.- Unicel (EPS).

El poliestireno es un polímero termoplástico que se obtiene de la polimerización de estireno monómero. Existen cuatro tipos principales de poliestireno:

- El poliestireno de cristal o GPPS (General Purpose Polystyrene), que es transparente, rígido y quebradizo
- El poliestireno de alto impacto o HIPS (High Impact Polystyrene), resistente al impacto y opaco blanquecino
- El poliestireno extruido, similar al expandido pero más denso e impermeable
- El poliestireno expandido o EPS (Expandable Polystyrene; PSE en francés), muy ligero

7.2.- Química del poliestireno

A escala industrial, el poliestireno se prepara calentando el etilbenceno en presencia de un catalizador para dar lugar al estireno. La polimerización del estireno se da por radicales libres, polimerización catiónica, polimerización aniónica o sobre catalizador (Ilustración 3).

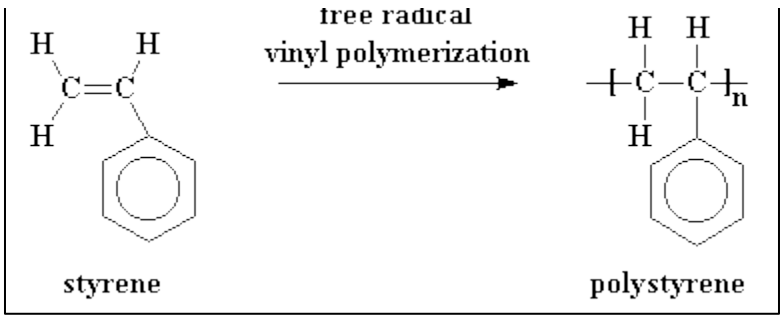


Ilustración 3.- Estructura química del Poliestireno.

7.3.- Mecanismos de reacción

El estireno puede polimerizar por cuatro mecanismos diferentes:

1. Por radicales libres. Los radicales de estireno se forman espontáneamente, a mayor velocidad cuanto mayor sea la temperatura. Por ello el estireno es almacenado en tanques refrigerados y estabilizado con inhibidores, que consumen los radicales libres. La velocidad de reacción se vuelve significativa a partir de una temperatura superior a los 100 °C. Se puede acelerar añadiendo iniciadores como por ejemplo peróxidos, que generan radicales libres adicionales.

   La polimerización por radicales libres es el método más antiguo de síntesis polimérica, por este método se sintetizó por primera vez el polietileno y el polipropileno. Es un método de polimerización por el que un polímero se forma por la adición sucesiva de bloques de construcción (monómeros) gracias a la elevada reactividad de los radicales libres. Los radicales libres pueden formarse por medio

de un número de diferentes mecanismos que implican generalmente moléculas iniciadoras. Después de su generación, la propagación de radicales libres añade unidades de monómero, con lo que el crecimiento de la cadena de polímero es constante.

2. Polimerización aniónica.
   La polimerización aniónica es una técnica química de polimerización.

   Esta técnica de polimerización representa un sistema muy importante ya que el resultado de este tipo de reacciones logra la menor dispersión de pesos moleculares, lo que significa gran homogeneidad en las moléculas, donde el promedio de pesos moleculares representa la mayor parte de estos.

   Ejemplos de polímeros que pueden ser obtenidos por esta técnica son

   - Poliestireno.
   - Polioleofinas.
   - Monómeros vinílicos

3. Polimerización catiónica.
   Polimerización catiónica es un tipo de crecimiento polimerizador en cadena en donde la molécula catiónica iniciadora, transfiere cargas a una unidad monomérica, formando nuevos enlaces, y en consecuencia volviéndose reactiva. Así reacciona con otras unidades monoméricas similares para formar un polímero.

4. Sobre catalizador.
   La catálisis es el proceso por el cual se aumenta la velocidad de una reacción química, debido a la participación de una sustancia llamada catalizador y aquellas que desactivan la catálisis son denominados inhibidores. Una característica

importante es que la masa de catalizador no se modifica durante la reacción química, lo que lo diferencia de un reactivo, cuya masa va disminuyendo a lo largo de la reacción.

Las aplicaciones principales del poliestireno antichoque y el poliestireno de cristal son la fabricación de envases mediante extrusión-termoformado, y de objetos diversos mediante moldeo por inyección. Las formas expandidas y extruidas se emplean principalmente como aislantes térmicos en construcción y para formar coquillas de protección en los embalajes de objetos frágiles para protegerlos (Ilustración 4). El EPS también es utilizado para la producción de cajas de pescado o neveras para el transporte de vacunas, por su capacidad aislante.

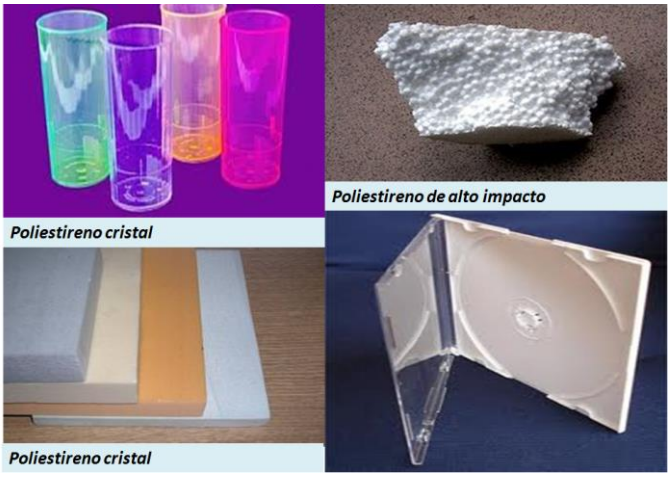


Ilustración 4.- Aplicaciones del Poliestireno.

7.4.- Tipos de poliestireno

7.4.1.- Poliestireno cristal (GPPS)

El producto de la polimerización del estireno puro se denomina poliestireno cristal o poliestireno de uso general (GPPS). Es un sólido transparente, duro pero frágil (Ilustración 5). Es vítreo por debajo de 100 °C. Por encima de esta temperatura es fácilmente moldeable y puede dársele múltiples formas.

Ilustración 5.- Poliestireno cristal.

7.4.1.1.- Aplicaciones

El poliestireno cristal se utiliza también en moldeo por inyección allí donde la transparencia y el bajo costo son importantes. Ejemplos: cajas de CD, perchas, cajas para huevos. Otra aplicación muy importante es en la producción de espumas rígidas, denominadas a veces “poliestireno extruido” o XPS, a no confundir con el poliestireno expandido EPS. Estas espumas XPS se utilizan por ejemplo para las bandejas de carne de los supermercados, así como en la construcción.

7.4.1.2.- Características del poliestireno cristal

Podemos apreciar la gran versatilidad de sus aplicaciones más frecuentes, determinadas directamente por sus características:

- Mamparas de baño y ducha. Debido a su baja tendencia a la absorción del agua y su buena adaptación a los lugares húmedos.
- Lámparas, plafones de iluminación y piezas moldeadas al vacío. Por su gran estabilidad dimensional al calor.
- Acristalamientos, displays y expositores. Con su brillo elevado y transmisión de luz del 90 % en el espectro visible (400-800 nm).

- ❖ Enmarcación de cuadros, posters y fotos. Aplicaciones también disponibles en acabado anti reflectante, manteniendo vivo su color.
- ❖ Envases alimentarios y no alimentarios. Al no facilitar la propagación de microorganismos.
- ❖ Bricolaje. Es altamente resistente a las termitas.

7.4.1.3.- Propiedades

Se describen las propiedades del Poliestireno choque y el Poliestireno cristal.

a) Propiedades mecánicas

Tabla 1.- Propiedades mecánicas del poliestireno cristal y antichoque o alto impacto.

Propiedad	PS cristal	Características
Módulo elástico en tracción(GPa)	3,0 a 3,4	-
Alargamiento de rotura en tracción (%)	1 a 4	El PS cristal no es nada dúctil
Carga de rotura en tracción (MPa)	40 a 60	-
Módulo de flexión (GPa)	3,0 a 3,4	El PS choque es mucho más flexible que el cristal y similar al ABS
Resistencia al impacto Charpy (kJ/m2)	2	El PS cristal es el menos resistente de todos los termoplásticos; el PS choque es intermedio
Dureza Shore D	85 a 90	El PS cristal es bastante duro, similar al policarbonato. El PS choque es similar al polipropileno.

b) Propiedades térmicas

El poliestireno compacto (sin inyección de gas en su interior) presenta la conductividad térmica más baja de todos los termoplásticos. Las espumas rígidas de poliestireno XPS presentan valores aún más bajos de conductividad, incluso menores de 0,03 $\mathrm{W\,K^{-1}m^{-1}}$, por lo que se suele utilizar como aislante térmico.

Sin embargo, tiene relativamente poca resistencia a la temperatura, ya que reblandece entre 85 y 105 °C (el valor exacto depende del contenido en aceite mineral). Cuando el poliestireno es calentado las cadenas son capaces de tomar numerosas conformaciones. Esta capacidad del sistema para deformarse con facilidad sobre su temperatura de transición vítrea permite que el poliestireno sea moldeado por calentamiento fácilmente.

c) Propiedades eléctricas

El poliestireno tiene muy baja conductividad eléctrica (típicamente de 10^{-16} $\mathrm{S\ m^{-1}}$), es decir, es un aislante. Por sus propiedades suele usarse en las instalaciones de alta frecuencia.

7.4.2.- Poliestireno de alto impacto (HIPS)

Para mejorar la resistencia mecánica del material, se puede añadir en la polimerización hasta un 14% de caucho. El producto resultante se llama poliestireno de alto impacto (HIPS, High Impact Polystyrene). Es más resistente y no quebradizo. Capaz de soportar impactos más violentos sin romperse. Su inconveniente principal es su opacidad, si bien algunos fabricantes venden grados especiales de poliestireno choque translúcido (Ilustración 6).

Ilustración 6.- Poliestireno de alto impacto.

7.4.2.1.- Aplicaciones

Algunas de sus aplicaciones son:

- Componentes para automóviles.
- Juguetes.
- Maquinillas de afeitar desechables.
- Teclados y periféricos para el PC.
- Artículos para el hogar.
- Teléfonos.
- Envases de productos lácteos.
- Armas y/o accesorios de Armas
- Impresión 3D

7.4.2.2.- Características del Poliestireno de Alto Impacto

El Poliestireno de Alto Impacto es un polímero que se caracteriza por:

- Mejor resistencia al impacto que el poliestireno sin modificar.
- Es opaco, debido a la adición de polibutadieno.
- Muy buena procesabilidad, es decir, se puede procesar por los métodos de conformado empleados para los termoplásticos, como inyección y extrusión.
- Copia detalles de molde con gran fidelidad.

7.4.2.3.- Propiedades del Poliestireno de alto impacto

Los poliestirenos de alto impacto poseen buena resistencia dimensional, propiedades balanceadas de fuerza y resistencia al calor, son fáciles de maquinar y son relativamente de bajo costo.

Tabla 2.- Propiedades del poliestireno de alto impacto.

Propiedad	Poliestireno de Uso General	Poliestireno de Alto Impacto
Físicas		
Densidad (lb/in³) (g/cm³)	0.043 - 1.05	0.043-1.04
Absorción de agua, 24 hrs (%)	0.06	0.01
Mecánicas		
Fuerza de tensión (psi)	7,500	4,000
Módulo de tensión (psi)	450,000	260,000
Porcentaje de elongación en el punto de ruptura (%)	47	55
Resistencia a la flexión (psi)	6,100	8,700
Módulo de flexión(psi)	475,000	280,000
Resistencia de compresión (psi)	14,500	7,500
Dureza Rockwell	75M	56L
Impacto IZOD (ft-lb/in)	0.8	2
Térmicas		
Coeficiente de expansión lineal térmica (x 10-5 in./in./°F)	4	4.2
Temperatura de deflexión por calor (°F / °C) at 264 psi	200 / 95	195 / 92
Temperatura de reblandecimiento Vicat (°F / °C)	224 / 107	214 / 102
Max Operating Temp (°F / °C)	150 / 65	140 / 60
Thermal Conductivity (BTU-in/ft²-hr-°F) (x 10-4 cal/cm-sec-°C)	--	--
Flamabilidad	H-B	H-B
Eléctricas		
Resistencia dieléctrica (V/mil) a corto plazo 1/8" de espesor	60	45
Constante dieléctrica a 1MHZ	2.5	2.7
Resistencia de Arco (sec)	70	100

7.4.3.- Poliestireno extruido (XPS)

El poliestireno extruido (XPS), es una espuma rígida resultante de la extrusión del poliestireno en presencia de un gas espumante, usada principalmente como aislante térmico.

A partir de poliestireno cristal fundido se puede obtener, mediante inyección de gas, una espuma rígida denominada poliestireno extruido (XPS). Sus propiedades son similares a las del EPS, con el cual compite en las aplicaciones de aislamiento. El poliestireno extruido presenta burbujas cerradas, por lo que puede mojarse sin perder sus propiedades aislantes. El EPS también dispone de variedades de baja absorción de humedad. Ambos pueden ser usados en la fabricación de las cubiertas invertidas.

7.4.3.1.- Aplicaciones

Debido a su elevada resistencia mecánica y a su tolerancia al agua, es un material que ha encontrado multitud de aplicaciones en la construcción. Se usa profusamente como aislamiento en suelos, especialmente en cámaras frigoríficas, y también en paneles de fachada; pero sobre todo, ha permitido la aparición de una nueva solución constructiva: la cubierta invertida. En este tipo de cubierta, el aislamiento térmico se coloca encima del impermeabilizante, una disposición que alarga la vida útil de la cubierta, pues el impermeabilizante no sufre las tensiones de la intemperie ni de los cambios bruscos de temperatura que con el tiempo terminan por deteriorarlo.

El Poliestireno extruido es un aislante adecuado con muchas aplicaciones:

- Aislamiento térmico en cubiertas planas
- Aislamiento de fachadas con el aislante en la cámara de aire
- Aislamiento de puentes térmicos gracias a productos de Poliestireno extruido sin piel
- Aislamiento de suelos
- Sistemas tradicionales con muros de block, ladrillo, concreto asi como de bastidores metálicos y de madera.

- En pisos y bajo losas de concreto.
- Cubiertas metálicas compuestas o sencillas
- Sistemas de techos de concreto y metálicos con sistemas de impermeabilización o debajo de acabados.

7.4.3.2.- Propiedades

a) Aislante térmico

La conductividad térmica de los productos de poliestireno extruido depende básicamente del gas de espumado utilizado. La conductividad que se obtiene varía entre 0.029 y 0.036 W/m·K.

Más importante que la conductividad térmica es el espesor del producto, que determina la resistencia térmica, la capacidad para oponerse al paso del calor.

b) Absorción de agua

La estructura celular cerrada del XPS permite que sea un producto cuya absorción de agua por inmersión total de larga duración sea inferior a un 0.7%.

En una cubierta invertida se produce el efecto de la difusión de agua, en este caso, la absorción de agua por difusión del XPS es inferior al 3%.

c) Resistencia a compresión

Esta característica es una de las que se utiliza para determinar el grado de aptitud de un producto para soportar cargas. En la medida de la resistencia a compresión se trata de aplicar una fuerza que provoque una deformación de un 10% del producto a ensayar. La resistencia a compresión standard del XPS es de 300 Kpa, aunque pueden conseguirse productos con resistencias de 500 y 700 Kpa.

d) Fluencia en compresión

Esta característica se utiliza para determinar la idoneidad de un producto para soportar cargas de muy larga duración sin fatiga. Para productos de XPS de 300 Kpa de

resistencia a compresión alcanza valores alrededor de 125 kpa para cargas de 50 años de duración con deformaciones inferiores al 2%.

e) Reacción al fuego

El poliestireno extruido incorpora ignífugos que le aportan resistencia al fuego, resultando en un producto de Euroclase E, auto extinguible sin presencia de gotas ardiendo que evita la propagación de llamas en caso de incendio.

f) Estabilidad dimensional

Al acondicionar los productos de poliestireno extruido durante 48 h. a 70 ºC, incluso a 48 h. a 70 ºC y 90% de humedad, los cambios relativos en la longitud, anchura y espesor no deben exceder del 5%.

g) Deformación bajo condiciones específicas de carga a compresión y temperatura

Indica la capacidad del XPS de soportar simultáneamente la acción de cargas y temperaturas. La deformación debe ser inferior a 5% tras 168 h. a 70 ºC y 40 Kpa.

h) Tracción perpendicular a las caras

La resistencia del poliestireno extruido cuando se somete a una fuerza de tracción perpendicular a las caras es superior a 200 Kpa.

i) Transmisión de vapor de agua

El factor de resistencia a la difusión del vapor de agua indica la magnitud de la resistencia del producto al vapor de agua con relación a una capa de aire estacionario del mismo espesor a la misma temperatura y para productos de XPS alcanza valores superiores a 150.

7.4.3.3.- Ventajas

La estructura celular cerrada y el avanzado proceso tecnológico de producción confieren al poliestireno extrusionado una muy baja conductividad térmica lo que equivale a un alto poder aislante incluso con espesores reducidos, de esta forma se reducen las necesidades de climatización en cualquier época del año, consiguiendo:

- Ahorro de energía.
- Ahorro económico.
- Confort térmico.
- Contribuir a la ecología.
- Reducir la emisión de contaminantes atmosféricos.
- Aprovechamiento máximo de la superficie disponible.
- Resistencia mecánica

7.4.4.- Poliestireno expandido (EPS)

Otro miembro de esta familia es el poliestireno expandido (EPS, siglas en inglés). Consiste en 95% de poliestireno y 5% de un gas que forma burbujas que reducen la densidad del material (Ilustración 7). Su aplicación principal es como aislante en construcción y para el embalaje de productos frágiles.

Ilustración 7.-Poliestireno expandido.

7.4.4.1.- Características y aplicaciones

Su cualidad más destacada es su higiene al no constituir sustrato nutritivo para microorganismos. Es decir, no se pudre, no se enmohece ni se descompone, lo que lo convierte en un material idóneo para la venta de productos frescos. En los supermercados se puede encontrar fácilmente en forma de bandejas en las secciones de heladería, pescadería, carnicería, frutas y verduras.

Otras características reseñables del poliestireno expandido (EPS) son su ligereza, resistencia a la humedad y capacidad de absorción de los impactos. Esta última peculiaridad lo convierte en un excelente acondicionador de productos frágiles o delicados como electrodomésticos y componentes eléctricos. También se utiliza para la construcción de tablas de surf, aunque normalmente se prefiere el poliuretano, ya que el poliestireno, aun siendo más ligero (lo que conlleva mayor flotabilidad y velocidad), es menos flexible.

Otras de las aplicaciones del poliestireno expandido (EPS) se hallan en la construcción, ya sea como material de aligeramiento o como aislante térmico en edificación y en obra civil; también en fachadas, cubiertas, molduras, suelo, etc. En Europa, los productos aislantes térmicos están regulados por el Reglamento de Productos de la Construcción, en el cual la norma EN 13163 es la que regula la medición de sus propiedades para el marcado CE del producto. Los valores de conductividad térmica oscilan entre 0,041 y 0,029 W/mK, dependiendo del tipo de producto y del fabricante.

DIN EN 13163

Productos de aislamiento térmico para edificios - Productos de poliestireno expandido (EPS) hechos en fábrica.

7.4.4.2.- Desventajas

Sin embargo, tiene las siguientes desventajas:

- Es fácilmente inflamable.
- Es atacado por algunos solventes como la acetona, MEK, tolueno, benceno, etc.

7.4.4.3.- Proceso de producción

La fabricación del material se realiza partiendo de compuestos de poliestireno en forma de perlitas que contienen un agente expansor (habitualmente pentano). Después de una pre-expansión, las perlitas se mantienen en silos de reposo y posteriormente son conducidas hacia máquinas de moldeo. Dentro de dichas máquinas se aplica energía térmica para que el agente expansor que contienen las perlitas se caliente y estas aumenten su volumen, a la vez que el polímero se plastifica. Durante dicho proceso, el material se adapta a la forma de los moldes que lo contienen.

7.4.4.4.- Impacto ambiental

a) En su producción

Para producir poliestireno se usan recursos naturales no renovables, ya que es un plástico derivado del petróleo. En lo que respecta al proceso de producción y su huella ecológica, una de las principales preocupaciones es la emisión de clorofluorocarbonos (CFC) a la atmósfera. Cabe mencionar que los procesos de producción de productos tales como planchas para construcción, vasos térmicos para bebidas y embalajes para electrodomésticos nunca han sido responsables por tal liberación de CFC. Estos procesos utilizan pentano y no CFC's y por tanto no son sujetos a las regulaciones del protocolo de Montreal y otras similares. Existe un proceso distinto llamado poliestireno expandido por extrusión (XPS), que se usa solamente para producir productos como bandejas para alimentos, cajas para hamburguesas y platos, vasos y tazones descartables. En el pasado, al fabricar ciertos productos de XPS se usaron productos

químicos que liberaban gases que contribuyeron al agrandamiento del agujero de ozono. Hoy en día, al crearse conciencia sobre este problema, se han implementado exitosamente en todo el mundo procesos alternativos de producción de estas bandejas y productos similares, sustituyendo las sustancias dañinas a la atmósfera.

b) En su uso y fin de vida

El poliestireno expandido es reutilizable al 100 % para formar bloques del mismo material y también es reciclable para fabricar materias primas para otra clase de productos. Además, ya que tiene un alto poder calorífico y no contiene gases del grupo de los CFC, puede ser incinerado de manera segura en plantas de recuperación energética. Dependiendo de las características (principalmente tamaño y forma) de un objeto de poliestireno expandido y del medio que lo rodea, la degradación puede tardar desde unos meses hasta más de 500 años. Un vaso de poliestireno expandido expuesto a energía solar, viento, lluvia, etc. se degradará en poco tiempo, mientras que un vaso similar que se encuentre enterrado en un relleno sanitario tardará mucho más, 50 años en promedio. El símbolo de reciclaje correspondiente al poliestireno es el triángulo con el número 6 y las siglas PS. El principal método para reciclar el poliestireno se ha usado desde hace décadas y consiste en despedazar mecánicamente el material para posteriormente mezclarlo con material nuevo y así formar bloques de EPS que pueden contener hasta un 50 % de material reciclado. Existen actualmente otras tecnologías para reciclaje como la densificación mecánica que consiste en aplicar energía mecánica y térmica a los espumados para convertirlos en partículas compactas que pueden transportarse más eficientemente. También se estudian métodos para disolver los espumados en disolventes especiales y así facilitar su transporte y reprocesamiento.

7.4.4.5.- Poliestireno y salud

También existe el temor de que el poliestireno afecta la salud reproductiva de animales de laboratorio. Si bien no existen estudios concluyentes al respecto, existe un informe de Greenpeace donde se incluye al estireno dentro de las sustancias que afectan la salud

reproductiva. Según los fabricantes de poliestireno, los niveles residuales de estireno en el producto final son mínimos, y por tratarse de una sustancia volátil, éstos se evaporan. Según un informe de 1986 de la EPA (siglas en inglés de "Agencia de Protección al Medioambiente", organismo del gobierno norteamericano), el poliestireno se clasificaba como el quinto producto químico cuya producción generaba más desechos peligrosos. Actualmente existe un informe de dicha agencia sobre el poliestireno disponible en línea.

7.4.4.6.- Propiedades

a) Densidad

Los productos y artículos acabados en poliestireno expandido - EPS se caracterizan por ser extraordinariamente ligeros aunque resistentes. En función de la aplicación las densidades se sitúan en el intervalo que va desde los 10 kg/m3 hasta los 50 kg/m3.

b) Resistencia mecánica

La resistencia a los esfuerzos mecánicos de los productos de EPS se evalúan generalmente a través de pruebas de resistencia a la compresión para una deformación del 10 por ciento, resistencia a la flexión, resistencia a la tracción , resistencia a la cizalladura o esfuerzo cortante y fluencia a compresión

c) Aislamiento térmico

Los productos y materiales de poliestireno expandido - EPS presentan una excelente capacidad de aislamiento térmico frente al calor y al frío.

Esta buena capacidad de aislamiento térmico se debe a la propia estructura del material que esencialmente consiste en aire ocluido dentro de una estructura celular conformada por el poliestireno. Aproximadamente un 98 por ciento del volumen del material es aire y únicamente un 2 por ciento materias sólidas (poliestireno). De todos es conocido que el aire en reposo es un excelente aislante térmico.

d) Comportamiento frente al agua

El poliestireno expandido no es higroscópico. Incluso sumergiendo el material completamente en agua los niveles de absorción son mínimos con valores oscilando entre el 1 por ciento y el 3 por ciento en volumen (ensayo por inmersión después de 28 días).

e) Estabilidad dimensional

Los productos de EPS, como todos los materiales, están sometidos a variaciones dimensionales debidas a la influencia térmica. Estas variaciones se evalúan a través del coeficiente de dilatación térmica que, para los productos de EPS, es independiente de la densidad y se sitúa entre 0,05 y 0,07 mm. Por metro de longitud y grado centígrado.

f) Estabilidad frente a la temperatura.

El rango de temperaturas en el que este material puede utilizarse con total seguridad sin que sus propiedades se vean afectadas no tiene limitación alguna por el extremo inferior (excepto las variaciones dimensionales por contracción). Con respecto al extremo superior el límite de temperaturas de uso se sitúa alrededor de los 100ºC para acciones de corta duración, y alrededor de los 80ºC para acciones continuadas y con el material sometido a una carga de 20 kPa.

g) Comportamiento frente a factores atmosféricos.

La radiación ultravioleta es prácticamente la única que reviste importancia. Bajo la acción prolongada de la luz UV, la superficie del EPS amarillea y se vuelve frágil, de manera que la lluvia y el viento logran erosionarla. Debido a que estos efectos sólo se muestran tras la exposición prolongada a la radiación UV, en el caso de las aplicaciones de envase y embalaje no es objeto de consideración.

h) Propiedades químicas

El poliestireno expandido es estable frente a muchos productos químicos. Si se utilizan adhesivos, pinturas disolventes y vapores concentrados de estos productos, hay que esperar un ataque de estas substancias. El EPS no es estable frente a: ácidos concentrados (sin agua) al 100 por ciento, disolventes orgánicos (acetona, esteres,..), hidrocarburos alifáticos saturados, aceite de diésel, y carburantes

i) Comportamiento frente al fuego

Las materias primas del poliestireno expandido son polímeros o copolímeros de estireno que contienen una mezcla de hidrocarburos de bajo punto de ebullición como agente de expansión. Todos ellos son materiales combustibles.

Al ser expuestos a temperaturas superiores a 100ºC, los productos de EPS empiezan a reblandecerse lentamente y se contraen, si aumenta la temperatura se funden. Si continua expuesto al calor durante un cierto tiempo el material fundido emite productos de descomposición gaseosos inflamables. En ausencia de fuego los productos de descomposición térmica no se inflaman hasta alcanzar temperaturas del orden de los 400 - 500 ºC.

El cushion bottom está fabricado de poliestireno expandido (EPS) este, es un material plástico espumado, derivado del poliestireno (PS). Su uso es diverso.

7.4.4.7.- Aplicación industrial

El poliestireno expandido es un material que por su bajo peso y gran resistencia, es ideal para la fabricación de empaques y embalajes para los diversos productos de la industria electrónica, farmacéutica, manufacturera, química, artesanal, etc.

Los empaques de este material son diseñados para amoldarse perfectamente a la forma del producto, combinando diversas opciones de espesores de pared, densidad y número de refuerzos

Por otra parte, la ligereza del EPS reduce los costos de transporte, mano de obra y gracias a su resistencia elimina las roturas, facilitando el estibado, al poder soportar más de 1000 veces su propio peso.

El poder de amortiguamiento del EPS le permite absorber la energía producida por golpes y vibraciones, evitando que el producto empacado se dañe (Ilustración 8).

Los productos que requieren control de temperatura, por ejemplo pescado, pueden ser envasados en poliestireno expandido ya que sus múltiples celdillas actúan como cámaras de aire independientes aislándolo térmicamente.

La posibilidad del EPS de emplearse para la protección, transporte y comercialización de alimentos se debe a que es un material fisiológicamente inocuo, que no favorece el crecimiento de hongos y bacterias que provocan la descomposición orgánica siendo además de olor y sabor neutros.

Ilustración 8.- Embalaje de refrigeradores.

7.5.- Procesos de conformado

Se puede procesar por los métodos de conformados empleados para los termoplásticos, como son: extrusión y moldeo por inyección.

7.5.1.- Extrusión

La extrusión es un proceso utilizado para crear objetos con sección transversal definida y fija. El material se empuja o se extrae a través de un troquel de una sección transversal deseada. Las dos ventajas principales de este proceso por encima de procesos manufacturados son la habilidad para crear secciones transversales muy complejas con materiales que son quebradizos, porque el material solamente encuentra fuerzas de compresión y de cizallamiento. Además las piezas finales se forman con una terminación superficial excelente

7.5.1.1.- Procesos de extrusión

El proceso comienza con el calentamiento del material. Éste se carga posteriormente dentro del contenedor de la prensa. Se coloca un bloque en la prensa de forma que sea empujado, haciéndolo pasar por el troquel. Si son requeridas mejores propiedades, el material puede ser tratado mediante calor o trabajado en frío.

a) Extrusión en caliente

La extrusión en caliente se hace a temperaturas elevadas, así se evita el trabajo forzado y hacer más fácil el paso del material a través del troquel. La mayoría de la extrusión en caliente se realiza en prensas hidráulicas horizontales con rango de 250 a 12.000 t. Rangos de presión de 30 a 700 Mpa (4400 a 102.000 psi), por lo que la lubricación es necesaria, puede ser aceite o grafito para bajas temperaturas de extrusión, o polvo de cristal para altas temperaturas de extrusión.

Desventaja

La mayor desventaja de este proceso es el costo de las maquinarias y su mantenimiento.

b) Extrusión en frío

La extrusión fría se realiza a alrededor de la temperatura ambiente. La ventaja de ésta sobre la extrusión en caliente es la falta de oxidación, lo que se traduce en una mayor fortaleza debido al trabajo en frío o tratamiento en frío, estrecha tolerancia, buen acabado de la superficie y rápida velocidad de extrusión si el material es sometido a breves calentamientos.

c) Extrusión tibia

La extrusión tibia se hace por encima de la temperatura ambiente pero por debajo de la temperatura de recristalización del material, en un intervalo de temperaturas de 800 a 1800 °F (de 424 °C a 975 °C). Este proceso se usa generalmente para lograr el equilibrio apropiado en las fuerzas requeridas, ductilidad y propiedades finales de la extrusión.

7.5.2.- Moldeo por inyección

El moldeo por inyección es un proceso semicontinuo que consiste en inyectar un polímero, cerámico o un metal en estado fundido en un molde cerrado a presión y frío, a través de un orificio pequeño llamado compuerta. En ese molde el material se solidifica, comenzando a cristalizar en polímeros semicristalinos. La pieza o parte final se obtiene al abrir el molde y sacar de la cavidad la pieza moldeada (Ilustración 9).

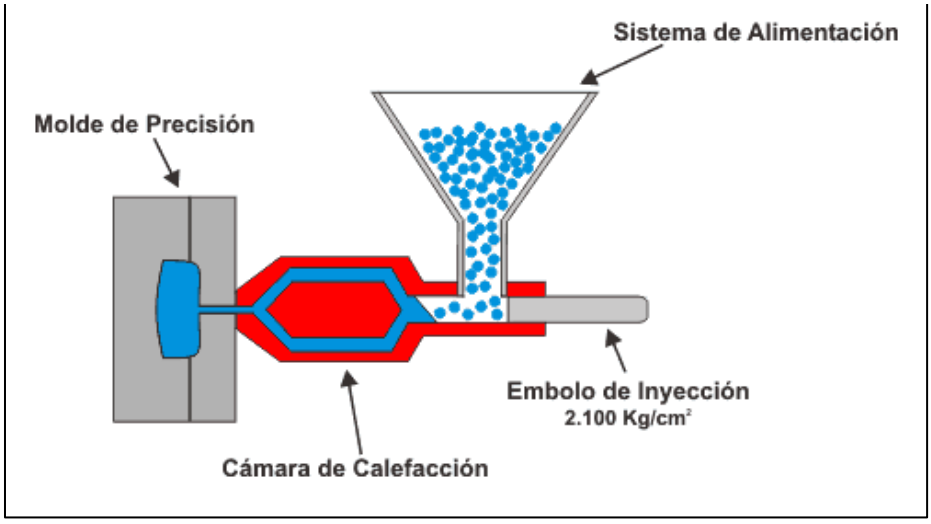


Ilustración 9.- Moldeo por inyección de poliestireno.

7.5.2.1.- Ventajas y desventajas del moldeo por inyección

El moldeo por inyección da la libertad y flexibilidad para producir una amplia gama de piezas de forma rápida y competitiva. A continuación le ofrecemos una guía detallada de este proceso de fabricación y algunas de sus ventajas y desventajas.

El moldeo por inyección de plástico es uno de los procesos de fabricación más utilizados en la actualidad. Eche un vistazo a su casa, oficina o coche y sin duda encontrará un sinfín de productos y piezas que han sido moldeados por inyección. Veamos más de cerca las ventajas y desventajas del moldeo por inyección, así como su funcionamiento en la práctica.

Ventajas del moldeo por inyección

- Producción rápida.
- Bajos costes de mano de obra.
- Flexibilidad de diseño.
- Producción de alto rendimiento.
- Se pueden utilizar varios materiales al mismo tiempo.
- Se puede utilizar para producir piezas muy pequeñas.
- Deja poca chatarra de postproducción.
- Posibilidad de incluir insertos.
- Buen control del color.
- Buena consistencia del producto.
- Requerimientos reducidos para el acabado.
- Buen control dimensional.

Desventajas del moldeo por inyección

Los costos iniciales tienden a ser muy altos debido a los requisitos de diseño, pruebas y herramientas. Si va a producir piezas en grandes volúmenes, debe asegurarse de que el diseño sea el correcto la primera vez. Eso es más complicado de lo que piensas. Conseguir el diseño correcto incluye:

- Diseño y posterior prototipado de la pieza según especificación
- El desarrollo inicial del prototipo se realiza normalmente en una impresora 3D y a menudo en un material diferente (como el plástico ABS) del que se fabricará la pieza final.
- Diseño de una herramienta de moldeo por inyección para una primera ronda de producción
- Normalmente, la generación de 300-1000 prototipos moldeados por inyección en el material de producción requiere el desarrollo de una herramienta de moldeado por inyección.
- Refinar todos y cada uno de los detalles en la herramienta del molde de inyección antes de la producción en serie en una planta de fabricación de moldes de inyección.

7.6.- El ciclo de inyección

Un ciclo de inyección en una máquina convencional puede considerarse constituido por los tiempos y movimientos siguientes:

- Tiempo de cierre del molde, durante el cual actúa el sistema de cierre, la máquina ejecuta el movimiento necesario y cierra el molde.
- Tiempo de avance de la unidad de inyección, durante el cual la unidad de inyección, que hasta ese momento se encuentra separada del molde, avanza hasta que la boquilla se posa sobre el bebedero del molde (punto de entrada al molde).
- Tiempo de llenado o de inyección, en el que el pistón o el husillo avanzan realizando la inyección del material. En este tiempo el molde se llena con el polímero inyectado. El tiempo necesario para realizar la inyección depende del polímero empleado, de la temperatura que éste alcanza, de la velocidad de avance del husillo, del tamaño del molde y de los canales que ponen en comunicación el molde con el cilindro de inyección.

- Tiempo de compactación (o tiempo de moldeo o de mantenimiento), durante el cual el molde permanece cerrado y el polímero comienza a enfriarse en el molde. Cuando el material comienza a enfriarse se contrae, por lo que para mantener la presión en el molde durante este periodo se suele introducir lentamente algo más de material dentro de la cavidad de moldeo, lo que compensa la contracción. Este periodo puede variar entre unos segundos y varios minutos. El peso final de la pieza, su estabilidad dimensional y las tensiones internas que pudieran aparecer dependen de cómo se realice esta etapa, que finaliza en el momento en el que el material que ocupa la entrada del molde solidifica, de modo que ya no es necesario mantener la unidad de inyección en posición avanzada para seguir manteniendo la presión.
- Tiempo de retroceso de la unidad de inyección. Cuando la entrada a la cavidad solidifica la unidad de inyección retrocede, y comienza el movimiento rotatorio del husillo para plastificar el material para la siguiente etapa, simultaneándose con la fase de enfriamiento, apertura del molde y extracción de la pieza y acelerando así el tiempo total de ciclo.
- Tiempo de enfriamiento, necesario para enfriar el polímero que ocupa las cavidades del molde. Generalmente se toma este tiempo desde que acaba la etapa de compactación hasta que se abre el molde, sin embargo realmente el enfriamiento del material comienza tan pronto como el polímero toca las paredes frías del molde, y finaliza cuando se extrae la pieza, por lo que el enfriamiento tiene lugar también durante las etapas de llenado y compactación.
- Tiempo de apertura del molde, durante el cual se abre el molde. Este tiempo viene a ser aproximadamente constante para cada máquina.
- Tiempo de extracción de la pieza, durante el cual se sacan las piezas moldeadas de las cavidades de moldeo.
- Tiempo con el molde abierto, que generalmente es muy corto, pero que en ocasiones puede ser considerable, por ejemplo si es preciso colocar inserciones metálicas en el molde.

7.7.- Características de las máquinas de inyección

Con respecto a la máquina debemos considerar las siguientes características básicas que son las primeras consideraciones que se realizan a la hora de definir una máquina de inyección, como son capacidad de inyección, capacidad de plastificación, presión de inyección máxima, fuerza de cierre máxima y velocidad de inyección máxima.

a) Capacidad de inyección

Se entiende por capacidad de inyección la cantidad máxima de material que una máquina es capaz de inyectar de una sola vez en un molde a una presión determinada.

En los catálogos de los fabricantes de máquinas de inyección en ocasiones se indica la capacidad de inyección como el peso máximo, expresado en gramos, que puede inyectar la máquina en un solo ciclo, supuesto que no se ha colocado ningún molde o que éste ofrece muy poca resistencia a la entrada del polímero. Es frecuente encontrar la capacidad de inyección referida al poliestireno, aunque en ocasiones también viene referida a otros materiales de uso común en inyección. En ocasiones también se expresa la capacidad de inyección de la máquina como el volumen barrido por el husillo de inyección en su recorrido hacia adelante, lo que resulta menos ambiguo que referirla a un tipo concreto de material.

En una situación real la capacidad de inyección viene determinada por el diámetro y la carrera del pistón o husillo de inyección, así como por el tipo de molde utilizado, la temperatura que alcanza el polímero fundido, la presión a que se inyecta y otras variables. Cuando se emplea un molde que es difícil de llenar, la capacidad real de inyección de la máquina es siempre algo menor que la indicada por el fabricante.

b) Capacidad de plastificación

La capacidad de plastificación es otro dato muy importante para evaluar las posibilidades de una máquina de inyección, sin embargo no es fácil expresar numéricamente este concepto. Se puede definir, aunque ambiguamente, como la cantidad máxima de material que la máquina es capaz de plastificar por unidad de tiempo. Para comprender mejor este

criterio es preciso aclarar que por “plastificar” un polímero debe entenderse el calentar éste lo suficiente para que alcance una temperatura a la que pueda ser inyectado, y esta aclaración mantiene la ambigüedad de la definición anterior. Evidentemente, la capacidad de plastificación depende de la eficacia de calefacción de la cámara de plastificación y de las propiedades térmicas del polímero que se calienta.

c) Presión de inyección

La presión de inyección es una característica mejor definida. Se entiende por presión de inyección la medida en la cara delantera del pistón de inyección o husillo. Como el husillo está actuado por un pistón hidráulico al que es solidario, la fuerza en ambas será la misma.

La presión en la línea puede leerse en un manómetro y la relación de superficies entre las caras de los pistones es una característica de construcción de la máquina que debe conocerse. Las máquinas convencionales se construyen con relaciones entre 8 y 9 generalmente. Esta presión de inyección no es la misma que la máxima presión que se desarrolla en las cavidades de moldeo, la cual es bastante menor y puede tener valores solamente del 20% de la presión de inyección y aun menores, dependiendo de las características del molde, de las condiciones de moldeo y del polímero utilizado.

d) Velocidad de inyección

La velocidad de inyección es el caudal de material que sale de la máquina durante el periodo de inyección; se expresa generalmente en cm3/s y es una medida de la rapidez con que puede llenarse un molde dado. La velocidad de inyección viene principalmente determinada por la velocidad de avance del pistón o husillo, y también se puede expresar como el número de veces por unidad de tiempo que el tornillo puede efectuar su recorrido completo de ida y vuelta cuando la máquina funciona en vacío, es decir, sin molde y sin material de moldeo. Naturalmente, esta característica de la máquina sólo depende de las demás características con que ha sido construida y en especial del tipo de sistema hidráulico utilizado.

En una situación real (con material y molde en la máquina) la velocidad de inyección del material en el molde dependerá de otros factores como la presión de inyección, la temperatura de la cámara de calefacción, las características del material utilizado y el camino que debe recorrer el polímero fundido hasta llegar a las cavidades de moldeo, principalmente.

e) Fuerza de cierre

La fuerza de cierre es aquella que mantiene unidas las dos mitades del molde mientras en la cavidad de moldeo se desarrolla la máxima presión como consecuencia de su llenado. Como ya se ha mencionado, la presión en la cavidad de moldeo es mucho menor que la presión de inyección, si bien se desarrolla una fuerza que tiende a separar las dos mitades del molde y que viene dada por el producto de la presión en la cavidad de moldeo por el área proyectada de ésta. Esta fuerza interna del molde puede ser muy grande y necesita ser contrarrestada por una fuerza de cierre que en todo momento sea superior a ella para asegurar así que el molde se mantiene cerrado durante la inyección. Cuanto mayor es la fuerza disponible para mantener cerrado el molde tanto mayor es el área transversal de la pieza que puede moldearse, a igualdad de las demás condiciones. Las máquinas de inyección convencionales empleadas hoy en día son capaces de desarrollar fuerzas de cierre de más de 1000 toneladas.

8.- DESARROLLO

Actualmente, la empresa Samsung Electronics Mexico Production (SEMP) cuenta con tres plantas en las cuales se fabrican lavadoras, secadoras y refrigeradores siendo este último uno de los productos más importantes para la empresa entre los que podemos encontrar 3 proyectos (TMF, FDR Y SBS) las cuales de dividen en familias en los que podremos encontrar diferentes modelos como se puede apreciar en tabla 3. Entre los modelos más producidos anualmente destacan los TMF que es uno de los productos con mayor demanda, y por ende la calidad del producto es lo primordial.

Tabla 3.- Proyectos, familias y modelos de refrigeradores.

PROYECTOS	FAMILIAS	MODELOS
TMF	RT5000K	RT29
		RT32
		RT35
		RT38
FDR	AW1	RF260
		RF261
		RF262
		RF263
		RF265
	AW2	RF23
		RF28
		RF23HC
		RF28HF
		RF23HT
		RF28HD
	OPUS	RF25HM
		RF26J
	IBACI	RF220
		RF221
SBS	FSR	RH25
	SSEDA	RS25J

Los modelos son asignados o nombrados dependiendo al proyecto al que pertenece, capacidad, país al cual será promocionado, componentes, etc. (Anexo A). En algunos casos, los modelos poseen características similares, la diferencia está en la apariencia del refrigerador, en los componentes como dispenser, ice maker, pantalla, etc. Como se puede apreciar en la tabla 4.

Tabla 4.- Algunas características de los refrigeradores.

MODELOS	CARACTERISTICAS FISICAS	IMAGEN
RT29	CON/SIN DISPENSER, CON/SIN DISPLAY	
RT32 RT35 RT38	CON/SIN DISPENSER, CON/SIN DISPLAY, CON/SIN ICE MAKER	
RF260	BASICO (SIN NADA)	
RF261	DISPENSADOR INTERNO	
RF262	SIN DISPENSER, CON PANTALLA	
RF263	CON DISPENSER, SIN PANTALLA	
RF265	CON DISPENSER Y PANTALLA (FAMILY HUB)	
RF23 RF28	CON DISPENSER, 3 PUERTAS, ACABADO CROMADO	
RF23HC RF28HF	CON DISPENSER, ICE MAKER, 3 PUERTAS, ACABADOCROMADO	

RF23HT		
RF28HD	CON DIPENSER, ICE MAKER, 4 PUERTAS (3 PUERTAS Y 1 PUERTA INTERNA), ACABADO CROMADO	
RF25HM	CON DISPENSER, 2 ICE MAKER, 4 PUERTAS	
RF26J	CON DISPENSER, ICE MAKER, 3 PUERTAS	
RF220	BASICO, 3 PUERTAS	
RF221	CON ICE MAKER INFERIOR, 3 PUERTAS	
RH25	CON DISPENSER, 3 PUERTAS	
RS25J	CON DISPENSER, 2 PUERTAS	

Se realizara la modificación de diseño del Cushion Bottom para algunos modelos de la familia TMF este tipo de refrigeradores son de los más comunes que podemos encontrar en las casas de muchas familias (Ilustración 10). La aplicación de esta modificación se realizara solo para los modelos RT35 y RT38.

Ilustración 10.- Refrigerador TMF modelos RT35
que emplean Cushion Bottom DA69-01593A
empacados en caja

8.1.- Análisis del diseño actual

Para analizar y encontrar los problemas en el diseño actual se realizó una prueba (Ilustración 11), en lo que se pudo observar las principales anomalías que ocasionaban que el producto llegara a su destino con golpes o abolladuras debido a los distintos factores que se presentan durante el transporte de estos productos, se observó lo siguiente:

Ilustración 11.- Prueba de ensamble del diseño actual.

1.- Espacio en la parte frontal ambos lados del Cushion Bottom lo que ocasiona que el producto, debido a su tamaño, peso y otros factores (movimiento, vibraciones, etc.) provoquen que se mueva y se desequilibre a tal grado que el refrigerador por efecto de gravedad colapse (Ilustración 12).

Ilustración 12.- Problema presentado espacio que produce desequilibrio en ambos lados.

2.- El Cushion Bottom presenta una brecha con la base del refrigerador, es decir, que dicho componente no quede totalmente fijo o ajustado a la base del refrigerador y pueda moverse 1 cm hacia delante y hacia los lados por lo que tal problema es un factor más que provoca que el producto se desequilibre y termine dañado (Ilustración 13).

Ilustración 13.- El Cushion Bottom no se ajusta a la base del refrigerador debido al espacio que se presenta entre ellos.

Tomando en cuenta comentarios de los trabajadores de la empresa, los patines del refrigerador presentan interferencia al momento en que el robot ensambla el producto en el Cushion Bottom provocando que esta se fracture debido al peso del refrigerador.

Con relación a esto se confirmó en la línea de producción dicho problema, el robot ensamblador no presenta problema, la fractura del Cushion Bottom es debido al peso del gabinete, ocasionando que el EPS se contraiga haciendo que el patín del refrigerador haga contacto provocando el problema antes mencionado (Ilustración 14).

Ilustración 14.- El patín del refrigerador hace contacto con el Cushion Bottom y produce fractura.

8.2.- Modificación del diseño

Una vez identificado los problemas en el diseño actual del Cushion Bottom se procedió a realizar las modificaciones pertinentes para dar solución a estos problemas que se presentan actualmente en la planta.

8.2.1.- Primera modificación

Basado en los resultados de la prueba realizada del diseño actual, en la parte central del Cushion Bottom se encuentra una pieza que no cumple con ninguna función por lo tanto es innecesario en esa posición (Ilustración 15), se removió y se colocó en el frontal derecha el cual servirá como soporte para el gabinete, a este componente se le modificó las dimensiones (largo, ancho y altura), modificación que tiene como propósito dar el mayor equilibrio a los refrigeradores además de cubrir espacios causantes de los problemas antes mencionados y de esta manera evitar o reducir el desequilibrio de dicho producto.

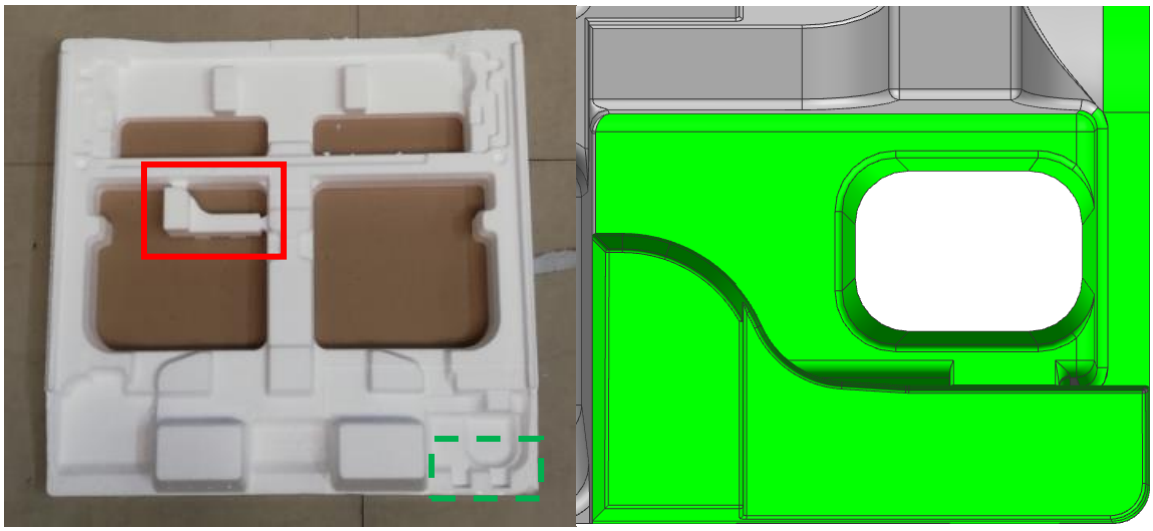


Ilustración 15.- Cambio de posición y dimensión de componente para mejorar la estabilidad del refrigerador.

8.2.2.- Segunda modificación

Se realizaron modificaciones a las esquinas traseras del Cushion Bottom, agregando unos esquineros con el único fin de evitar que se mueva hacia atrás y hacia los lados, estos esquineros se añadieron con las dimensiones exactas, es decir, que la base del gabinete se ajuste correctamente al EPS y de esta forma no haya espacio entre ellos por lo que se tomó en cuenta la ocurrencia de interferencia al momento que el robot coloque el producto, además se añadieron unos ribs en la parte frontal en el espacio que se

presentaba entre el refrigerador y el Cushion Bottom y de esta manera evitar por completo que presente juego con la base del producto (Ilustración 16).

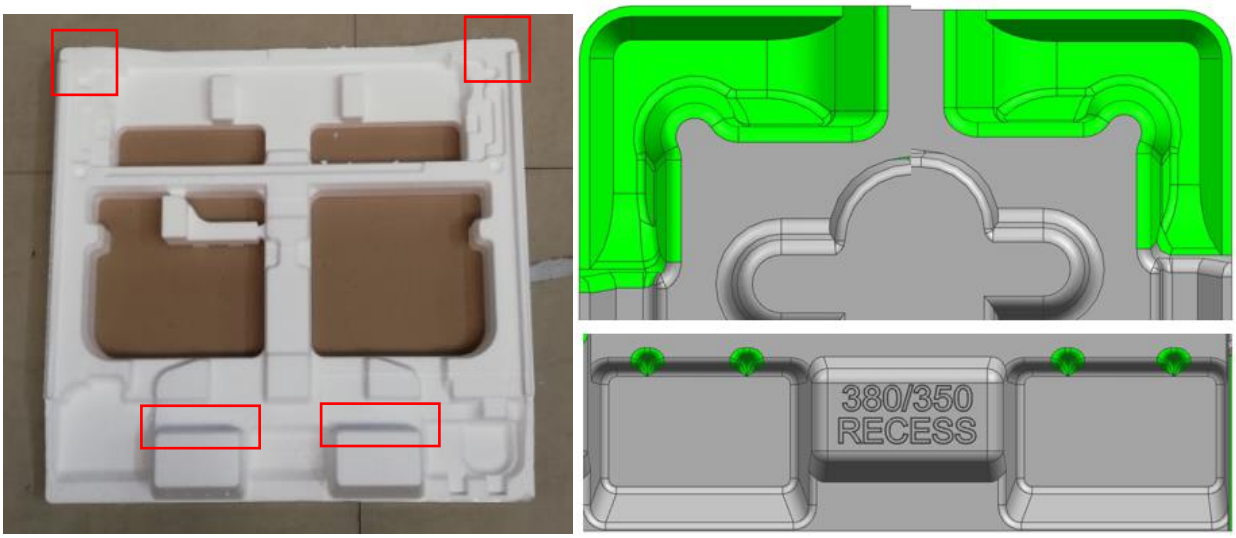


Ilustración 16.- Esquineros y ribs añadidos para evitar el movimiento del gabinete.

8.2.3.- Tercera modificación

Uno de los mayores problemas identificados en la prueba es que el Cushion Bottom no es totalmente fijo a la base, por lo que se agregó material en el frontal izquierdo con el mismo propósito de la primera modificación, además de esto se le añadió un orificio con 4 ribs (Ilustración 17), en la que el patín izquierdo del refrigerador pudiera ensamblar correctamente sin presentar interferencia por lo que se tomó en cuenta el diámetro y altura de dicho patín. De esta manera se evitaría por completo que el refrigerador se mueva hacia delante o atrás sirviendo como gran apoyo para la segunda modificación.

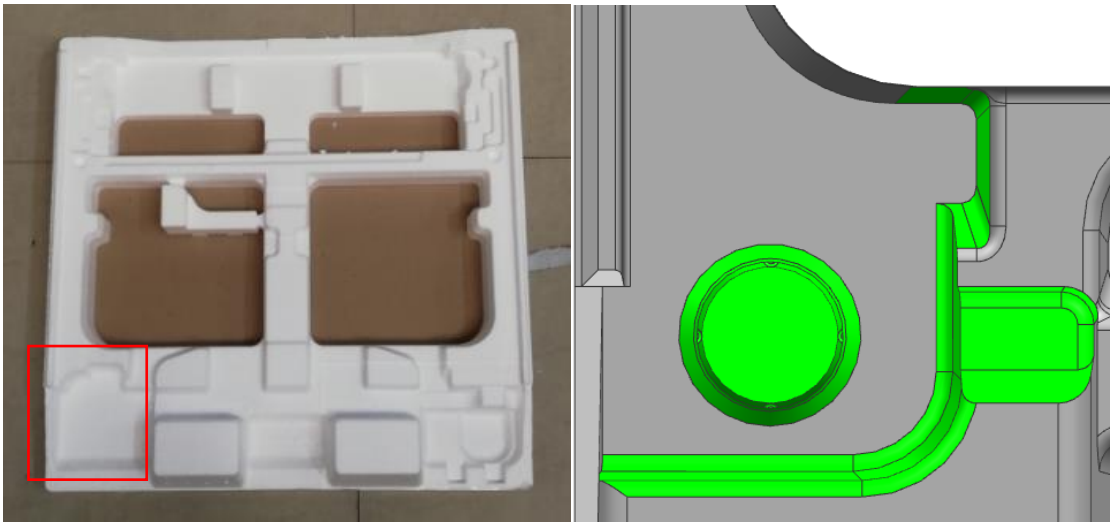


Ilustración 17.- Para evitar movimiento se añadió orificio en donde se ensambla el patín izquierdo del refrigerador.

8.2.4.- Cuarta modificación

Por último se quitó material en el frontal derecho debido al problema presentado en el ensamble con el robot, se modificó la forma y las dimensiones y se dejó totalmente hueco para evitar futuros problemas (Ilustración 18), esto tendrá como efecto reducir el gasto en el material y el tiempo en la línea al cambiar el material fracturado.

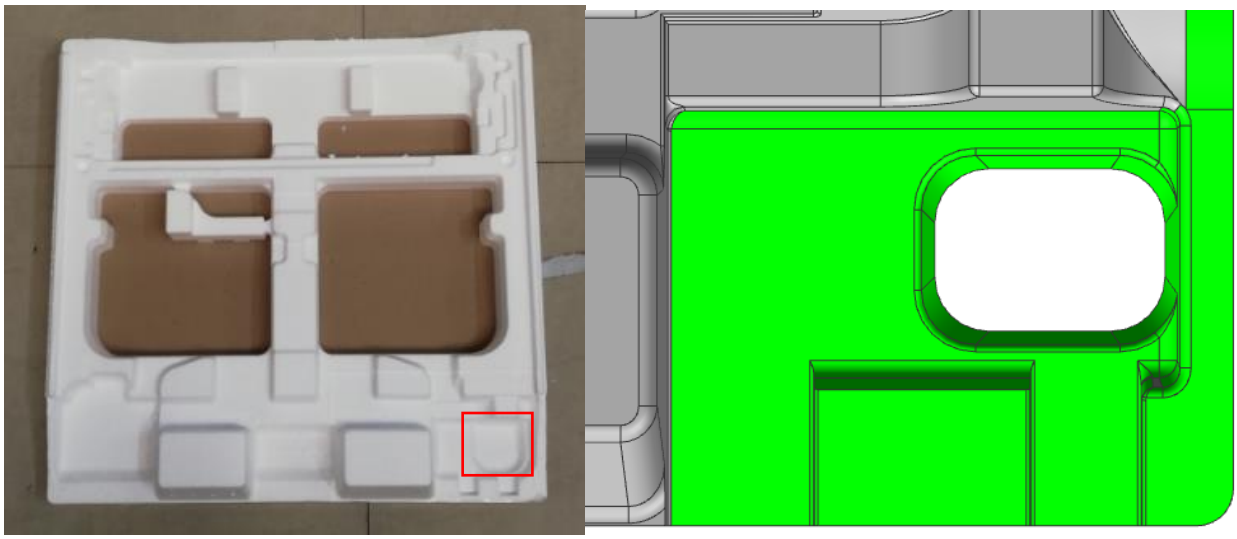


Ilustración 18.- Para evitar fractura se añadió orificio para evitar por completo el contacto del patín.

Estas modificaciones se realizaron de acuerdo a los problemas presentados en la prueba antes vista, en la figura se muestra una comparación entre el diseño anterior y el diseño después de realizar las modificaciones (Ilustración 19). Los planos de las modificaciones realizadas se encuentran en el Anexo B.

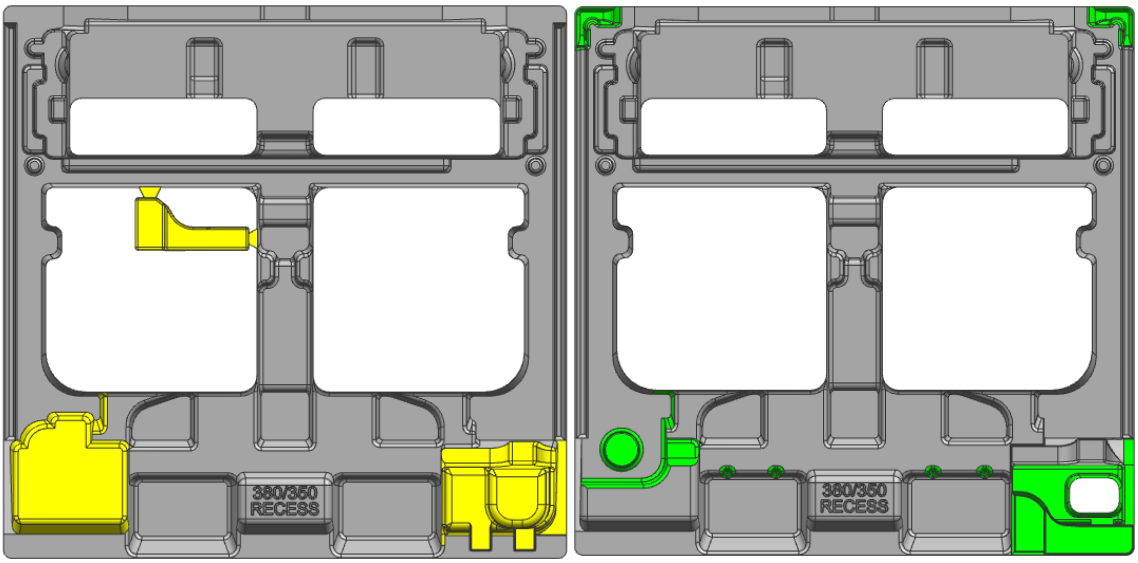


Ilustración 19.- Comparación del actual y el nuevo diseño del Cushion Bottom.

8.3.- Molde de inyección

Una vez realizadas las modificaciones en el parasolido, se realizó por consiguiente la modificación del molde de inyección en el área de mold center (Anexo C) dicho procedimiento tuvo un tiempo de duración de 4 días, aplicadas las modificaciones en el molde de inyección, se procedió a inyectar una pequeña cantidad como muestra de este nuevo diseño para poder realizar las pruebas necesarias y poder aplicarla en línea de producción (Ilustración 20).

Ilustración 20.- Inyección de nuevo diseño para realizar pruebas.

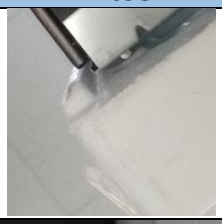
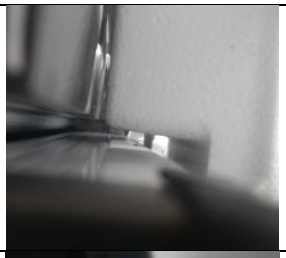
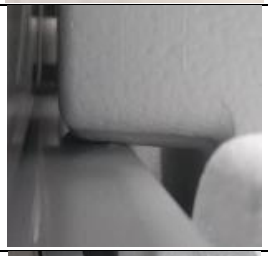
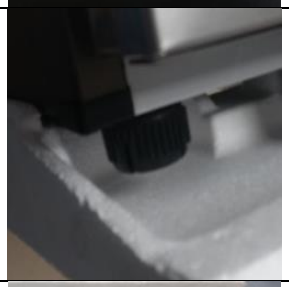
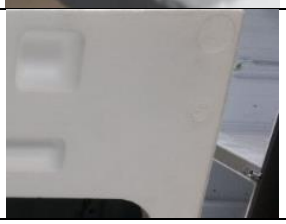
8.4.- Prueba de ensamble

Antes de que las muestras entraran a las pruebas que el departamento de calidad (QA) requiere se realizó una prueba de ensamble, para poder verificar que las modificaciones realizadas no causaran interferencia con alguna parte del refrigerador (Ilustración 21). Además se realizó un dimensionamiento de la nueva pieza en físico (Anexo D)

Ilustración 21.- Prueba de ensamble del diseño modificado.

No se presentó problemas en el ensamble, las modificaciones realizadas cumplieron con las funciones requeridas, se eliminó el gap que presentaba el Cushion Bottom con la base del refrigerador. En la tabla 5 se muestra una comparación del diseño anterior y el diseño modificado en físico.

Tabla 5.- Comparación del diseño actual y diseño modificado.

Antes	Después
	
	
	
	

8.5.- Realización de pruebas

Se empacaron 3 muestras del modelo RT35 (Ilustración 22) para poder realizar las pruebas muestras que se entregaron al área de calidad (QA), estas pruebas determinaron la eficacia de las modificaciones realizadas y si estas son las adecuadas o simplemente no lo son.

Ilustración 22.- Empaque de Refrigeradores modelo RT35 para pruebas.

Para evaluar la durabilidad del producto y el embalaje, se realizaron las pruebas de forma continua para los artículos que se representan como un entorno real de distribución después de completar los complejos factores ambientales que ocurren en el proceso de distribución de los productos de Samsung, en forma secuencial.

8.5.1.- Test 1 Vibración

La prueba de vibración se realiza para verificar el efecto por vibraciones ocurridas en el transporte de los productos.

8.5.1.1.- Procedimiento

Después de apilar los productos en el comprobador de vibración verticalmente, realice la prueba de vibración, de acuerdo con el siguiente orden.

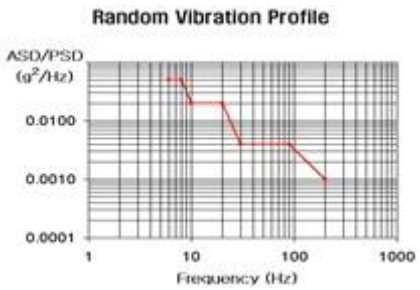
1) La muestra debe apilarse en la mesa de vibración verticalmente, como las condiciones de transporte en contenedores, camiones (Ilustración 23).

2) Prueba de vibración aleatoria de un solo contenedor

Ilustración 23.- Embalaje en prueba de vibración.

Perfil de prueba

Tabla 6.- Frecuencia de vibración

Vibration frequency	PSD LEVEL	G value & Test duration	Remark (profile shape)
(Hz)	(g^2/Hz)	* TTL g rms : 1.047g rms * Test duration : - Vertical : 1 Hr, Horizontal (Front and Rear : 15min, Left and Right : 15min) * Normal shipping direction	
6	0.05		
8	0.05		
10	0.02		
20	0.02		
30	0.004		
90	0.004		
200	0.001		

Ensayo de vibración aleatoria horizontal (producto relevante)

Tabla 7.- Frecuencia de vibración horizontal

Vibration frequency	PSD LEVEL	Remark
(Hz)	(g^2/Hz)	* TTL g rms : 1.047g rms * Test duration : - Vertical: 1 hr (Horizontal condition : Position at the lower part of the comp relay) * Normal shipping direction
6	0.05	
8	0.05	
10	0.02	
20	0.02	
30	0.004	
90	0.004	
200	0.001	

8.5.1.2.- Características de la máquina de vibración

- El equipo deberá tener la capacidad de cambiar la frecuencia de vibración continuamente de 1 a 200Hz y controlar la aceleración y la amplitud de acuerdo con la frecuencia de vibración.
- La tabla de vibración no debe causar la resonancia en el rango de frecuencia de prueba y debe tener suficiente fuerza y rigidez.
- El vibrador debe tener un dispositivo de fijación para que el refrigerador no se caiga durante la prueba.
- La vibración de arriba y abajo y las direcciones laterales serán posibles.
- El probador deberá tener la capacidad de realizar pruebas con una aceleración máxima de 1 g (gravedad) o más.

8.5.2.- Test 2 Stacking

Esta prueba se realiza para verificar el efecto por compresión de los productos ocurridos en la distribución.

Esta prueba es necesaria para todos los envases, ya sean diseñados para contener un sólido o un líquido. La muestra de prueba se somete a una fuerza aplicada a la superficie superior del empaque de prueba equivalente al peso total de paquetes idénticos que podrían apilarse durante el transporte. La altura mínima de la pila, incluida la muestra de prueba, debe ser de 3,0 m (10 pies). La duración de la prueba dura 72 horas.

8.5.2.1.- Procedimiento

1) Apilar los gabinetes en vertical como se observa en la ilustración 24
2) Medir la inclinación del apilamiento en los cuatro lados del empaque.
   La inclinación en esta prueba debe ser menor a 10 cm

Ilustración 24.- Embalaje en pruebas de Stacking para la determinación de inclinación.

Después de realizar el apilamiento y medida la inclinación de los 4 lados del empaque se realiza la siguiente etapa de la prueba el cual es la compresión el procedimiento es el siguiente:

1) Coloque la muestra en la dirección de envío en el centro de la placa de compresión para equilibrar la carga.

2) Medir el peso de la muestra.

3) Comprima el producto soltando la placa de compresión con la velocidad específica y quite la carga levantando la placa de compresión después de un tiempo determinado pasa.

Que se pueden apilar en múltiples alturas durante el ciclo de distribución en camiones, almacenes, etc.

- **Carga estándar**

La resistencia a la compresión requerida para las cajas empaquetadas está determinada por la siguiente fórmula de cálculo de acuerdo con el peso y la dimensión de la altura de la caja de los productos envasados.

Resistencia a la compresión requerida = (La capa de la pila -1) x peso del conjunto empaquetado x factor de seguridad

(a) La capa de la pila.

Como una capa de la pila marcada en la caja, se basa en el valor que se utiliza prácticamente en el mercado. En dicho caso la capa de la pila es 3.

(b) Peso del conjunto empaquetado.

El peso va dependiendo del modelo del refrigerador, para este caso el peso del empaque del TMF resulto ser 76.16 kg.

(c) Un factor de seguridad.

Box Type	Condition	Safety factor	Compressing velocity	Criteria
Box whose lower part is open	Damage to the packaging Damage to the set	3	12±2.5 ㎜/min	- The packaged box should not be dented. - The vertically deformed degree of the box should be under 20mm after the box edges touch ground. - The product should not be damaged.

Resistencia a la compresión requerida = (3 -1) x 76.16 kg x 3

Resistencia a la compresión requerida= 456.96 kg

8.5.3.- Test 3 Drop (caída)

Prueba de caída se realiza para verificar el efecto por caídas ocurridas en el proceso de distribución de los productos elaborados en Samsung.

La prueba de caída debe realizarse para la calificación de todos los tipos de diseño de embalaje. Para otras que no sean caídas planas, el centro de gravedad del empaque de prueba debe estar verticalmente sobre el punto de impacto. Cuando sea posible más de una orientación para una prueba de caída dada, se debe usar la orientación que probablemente resulte en la falla del empaque.

8.5.3.1.- Características y condiciones generales

- Colocará la muestra a discreción para que la caída se pueda hacer bien.
- La altura de caída debe ser controlada con precisión.
- El elemento de elevación debe estar involucrado en el comprobador para no dañar los productos.
- Será posible la caída libre de los productos.

- La superficie de caída debe ser firme y horizontal de hormigón y placa de acero para dejar caer los productos verticalmente.

El plano es menos de 2˚ completamente a la superficie horizontal y un máximo de 10˚ a cada línea que se está contactando.

Además, la superficie deberá soportar 50 veces el peso de los productos.

Tabla 8.- Aplicación estándar por grado

Test level	Relative region (Country)
Region A	All regions except region B
Region B	Korea, North America, Europe

Condiciones generales

- La prueba de caída se basa en la condición de caída libre.
- Dejar caer la muestra desde la altura mencionada en la cláusula 3) de acuerdo con el orden de caída, dirección y frecuencia mencionada en la cláusula 4).
- En el caso de la condición de caída libre, la línea de dirección central debe colocarse en la posición donde pasa a través del ángulo o línea impactada.
- En el caso de una línea diagonal o una caída del plano en la condición de caída libre, la línea o la caída del plano serán paralelas a la superficie de impacto.

Tabla 9.- Altura de caída (Mesa estándar para la unidad de altura de caída: cm)

Weight	Region A	Region B	Remark
Under 40 ㎏	46㎝ (38)	38㎝ (31)	If it is based on the bottom plane height, the height of other angles, lines (edges) is the same with the one in ( ). But, height tolerance is ±10㎜. In the case of the height of over 90kg, perform the tilt test only for products for sale in Korea, North America, Europe.
40~50㎏	38㎝ (31)	31㎝ (25)	
50~90㎏	25㎝ (23)	23㎝ (20)	
Over 90kg	23㎝ (20)	20㎝ (15)	

Orden de caída, dirección y frecuencia.

a) Marque la muestra con el número como se muestra abajo. (Ilustración 25)

- Plano: marque el número-Upper =1, Right =2, Lower =3, Left =4, Front =5, Rear =6
- Línea (borde): marca con números de dos lados que forman un borde.
- Esquina: marca con números de tres lados formando una esquina.

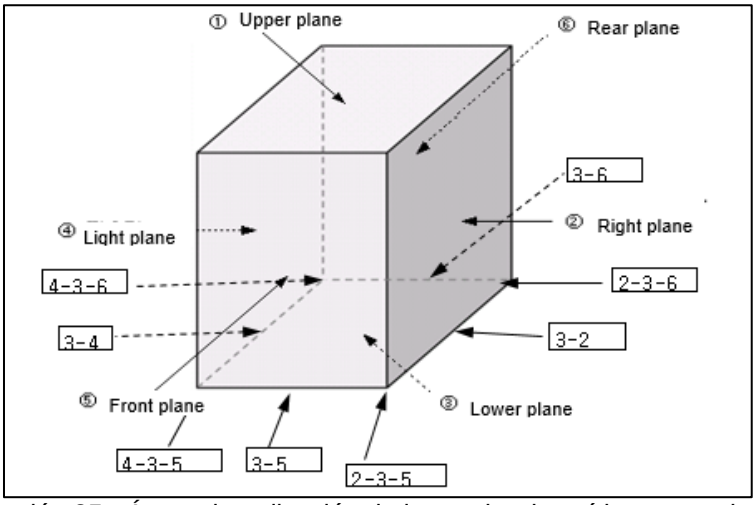


Ilustración 25.- Áreas de aplicación de la prueba de caída para embalaje.

8.5.3.2.- Procedimiento

1) Realice la prueba de caída de acuerdo con la altura y orden.

Tabla 10.- Secuencia de caídas

Section	Order	Drop sequence	Frequency
Drop1.	1	Diagonal plane drop of plane 3 (Lower plane)	1
	2	Diagonal line drop of line 3-4 (Left line)	1
	3	Diagonal line drop of line 3-2 (Right line)	1
	4	Diagonal angle drop of angle 4-3-5 (All left angles)	1
	5	Diagonal angle drop of angle 2-3-6 (Rear right angle)	1
Drop2.	1	Diagonal plane drop of plane 3 (Lower plane)	1
	2	Diagonal line drop of line 3-5 (Front line)	1
	3	Diagonal line drop of line 3-6 (Rear line)	1
	4	Diagonal angle drop of angle 2-3-5 (All right angles)	1
	5	Diagonal angle drop of angle 4-3-6 (Rear left angle)	1

2) Al realizar el ángulo, prueba de caída de línea, según la línea diagonal (Ilustración 26).

3) Si las muestras de prueba son 3 series, continúe con la prueba con 2 series para la condición de caída 1, 1 serie para la condición de caída 2.

Si las muestras de prueba son 4 series, continúe la prueba con 2 series para la condición de caída 1, 2 series para la condición de caída 2.

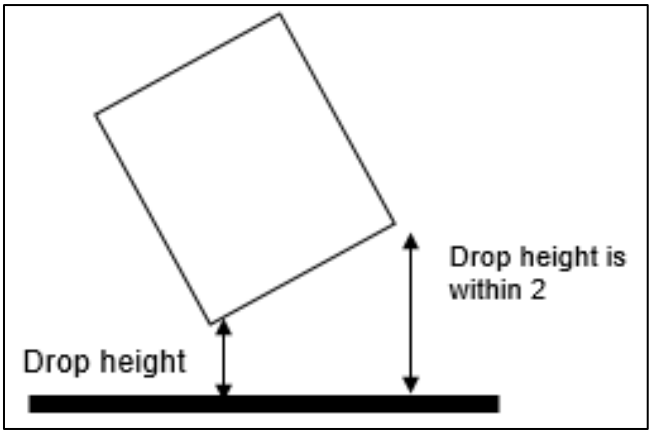


Ilustración 26.- Angulo de caída.

4) Para los refrigeradores de tamaño pequeño (menos de 200,), en áreas de ambiente inferior, realice la adición de la prueba de rotación.

- Revise el daño del contenido y los accesorios (plato de evaporación, etc.)
- El método de prueba es voltear el producto desde un ángulo de 45 grados.
- Voltee el producto hacia los lados frontal y posterior, una vez cada uno.

5) Realice la prueba de inclinación, de acuerdo con los siguientes procedimientos.

- Coloque el producto en el plano rígido como el acero o el hormigón.
- Sostenga un plano del producto con madera o un soporte de 3.5 "de altura.
- Después de levantar los bordes laterales opuestos del producto a 23 cm, hágalo caer libremente sobre la superficie plana y rígida.
- De esta manera, repita este procedimiento para que los 4 bordes laterales del producto reciban una descarga.

La ilustración 27 muestra los resultados generales de las pruebas anteriores, el diseño logro pasar las pruebas por lo que es aplicable para estos modelos.

DISTRIBUTION CYCLE TEST

TMF RT35-38 (RECESS CUSHION BOTTOM) DISTRIBUTION CYCLE

Document Number	ABQ1-0003S-01	Test name	DISTRIBUTION CYCLE	Document type	Confidential	Purpose
Preservation	5 Years	Model	RT35 - 38	Sender	SEM Ref. QA	Approval
Development Class	MP	Test Facility	WAREHOSE	Author	Hugo Martinez	Review
Development Stage	MP	Test Date	19-21/04/2019	Requester	Vicente Gutierrez	Reference
Date of Document	25/03/2019	Request Date	15/03/2019	Person in Charged	Miguel Vanegas	MP
Test Purpose	TMF RT35-38 (RECESS CUSHION BOTTOM) DISTRIBUTION CYCLE					
Test Conditions	It condition REF. Ship & Environment Reliability Test Standard DJJR-0001KDISTRIBUTION CYCLE Test					
Test Method	It condition REF. Ship & Environment Reliability Test Standard DJJR-0001KDISTRIBUTION CYCLE Test					

Check Point	Evaluation Item (Use annexed sheets if it´s necessary)	Specification	SPL 1	SPL 2	SPL 3	AVG
	It is evaluated based on the check & defects list for DISTRIBUTION CYCLE-Test	Defects List	OK	OK	OK	OK
	Sample Evaluation (Critical, Major Defect=0, Minor≤0)					

Test Result	Evaluiation Verdict	C = 0	Qty. Of Sample (n)	3 by model	Qty. Of Defect (C)	0
	Evaluiation Result	PASS				
	Overall Comment	According with the test standar. Result: PASS				

Defect - Issue		Issues in previus development phase.	Verification
Distribution	R&D Ref, Ref QA, Ref. CS	Document Cost	20000

ABQ1-0003S-01 REV. 1 07/07/2017

Ilustración 27.- Resultados de las pruebas de distribución realizadas a las 3 muestras.

Las evidencias acerca de estas pruebas se pueden apreciar en el Anexo E.

9.- ANALISIS DE RESULTADOS Y APLICACIÓN EN LA LINEA DE PRODUCCION

Las pruebas realizadas al nuevo diseño fueron satisfactorios por lo que dicha modificación puede implementarse, los esquineros realizaron la función que se esperaba, así como los ribs y cavidad del patín fijaron de forma correcta el Cushion Bottom. Como se puede observar en la tabla 11 el desplazamiento o inclinación en la prueba de stacking en los lados derecho y rear se encuentran entre 4 y 5, mientras en los lados contrarios son 0.

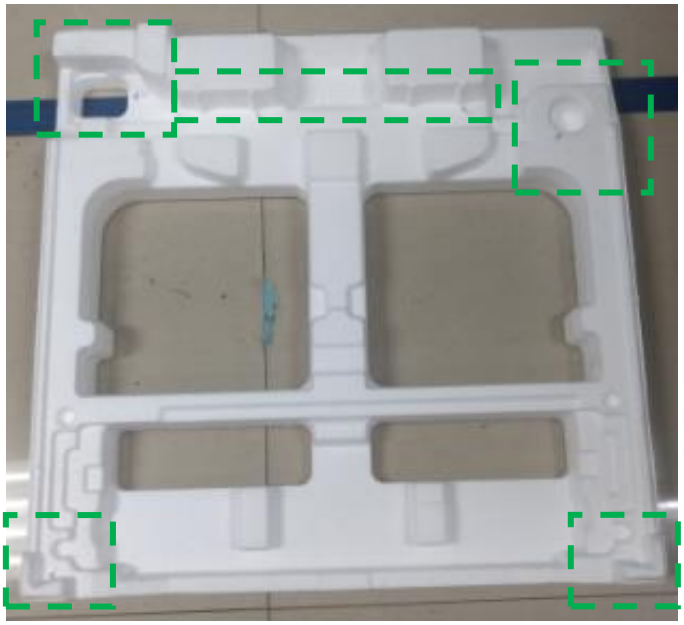


Ilustración 28.- Cushion Bottom modificado y aplicado en la línea de producción.

Tabla 11.- Resultado obtenido en la prueba de stacking y resultados generales.

Prueba	Izquierdo	Derecho	Frontal	Atrás
Stacking	0 cm	4.5 cm	0 cm	4 cm
Vibración	PASS			
Drop	PASS			

Realizadas las pruebas antes mencionadas, en el cual se obtuvieron resultados satisfactorios demostrando el buen funcionamiento de las modificaciones aplicadas, lo siguiente es la producción en masa para la aplicación en la línea de producción, se realizó la actualización del Work instrucción, además de que se realizó el seguimiento a lo largo de la línea en donde se observó:

- No se presentó interferencia o alguna otra anomalía en el proceso en que el robot ensambla el gabinete, el cual era el único problema que podía presentarse debido a la cavidad que se le realizo al patín de la base del refrigerador. Por lo que la aplicación de este diseño pudo realizarse sin ningún problema.

Ilustración 29.- Aplicación en línea de la modificación.

Por motivos de confidencialidad de la empresa algunos documentos no fue posible obtenerlos.

10.- CONCLUSIÓN

Se logró el objetivo principal antes planteado que era mejorar la estabilidad del empaquetado de los productos que elabora Samsung en su planta de refrigeradores enfocado a modelos RT35-38 mediante la modificación del diseño del cushion bottom pieza fabricado a partir de la inyección de EPS.

En el análisis del diseño, para dar solución a los problemas detectados se obtuvieron muchas alternativas pero al final se eligieron los cambios aplicados en este proyecto se implementaron gracias a una comparación que se realizó con los cushion bottom de otros modelos grandes, además se eligió debido al poco material EPS que se utiliza en la inyección, también se tomó en cuenta la dificultad o facilidad en que el molde de inyección pueda modificarse ya que por demanda de la línea se emplean estos materiales para la corrida de la semana por que como se había mencionado anteriormente el modelo RT35-38 es uno de los modelos más producidos durante el año.

Por ende las modificaciones aplicadas fueron las más eficientes, ya que los puntos de cambio garantizan una buena fijación del refrigerador por lo que tiene la función de sujetar de la mejor forma el producto.

Las muestras y las pruebas realizadas solo nos sirvieron para validar el diseño, las modificaciones mantienen la dimensión aplicada, por el tiempo de enfriamiento no sufren contracción aparente, el molde de inyección de ha mecanizado y montado sin ningún problema, en la producción en masa de esta pieza no se han observado rebabas, fracturas, no se perciben las líneas de unión, no hay atrapamiento de aire, etc.

Las modificaciones obtuvieron buenos resultados, que el área de participación requirió que se realizaran estas modificaciones a los modelos RT29 y RT32 es posible que se estén implementando para agosto del 2019.

Otras aportaciones realizadas fueron el modelado e impresión 3D de JIG de inspección de voltaje en línea de producción y elaboración de JIG de proveedor para ensamble de tarjeta del COVER RAIL PANTRY.

11.- FUENTES DE INFORMACIÓN

S/N (2005). Quiminet: Informacion y negocios segundo a segundo. Canada: Todo sobre el Poliestireno. Recuperado de https://www.quiminet.com/articulos/todo-sobre-el-poliestireno-3337.htm

S/N (2005). Textos cientificos. S/N: usos y aplicaciones del poliestireno expandido. Recuperado de https://www.textoscientificos.com/polimeros/poliestireno/usos.

Solis, R. A., Arriaga, C. A, López, J. (2016). Thermal Characterization of Microwave Assisted Foaming of Expandable Polystyrene. Ingeniería investigación y tecnología, *volumen XVII* (número 1), 15-21.

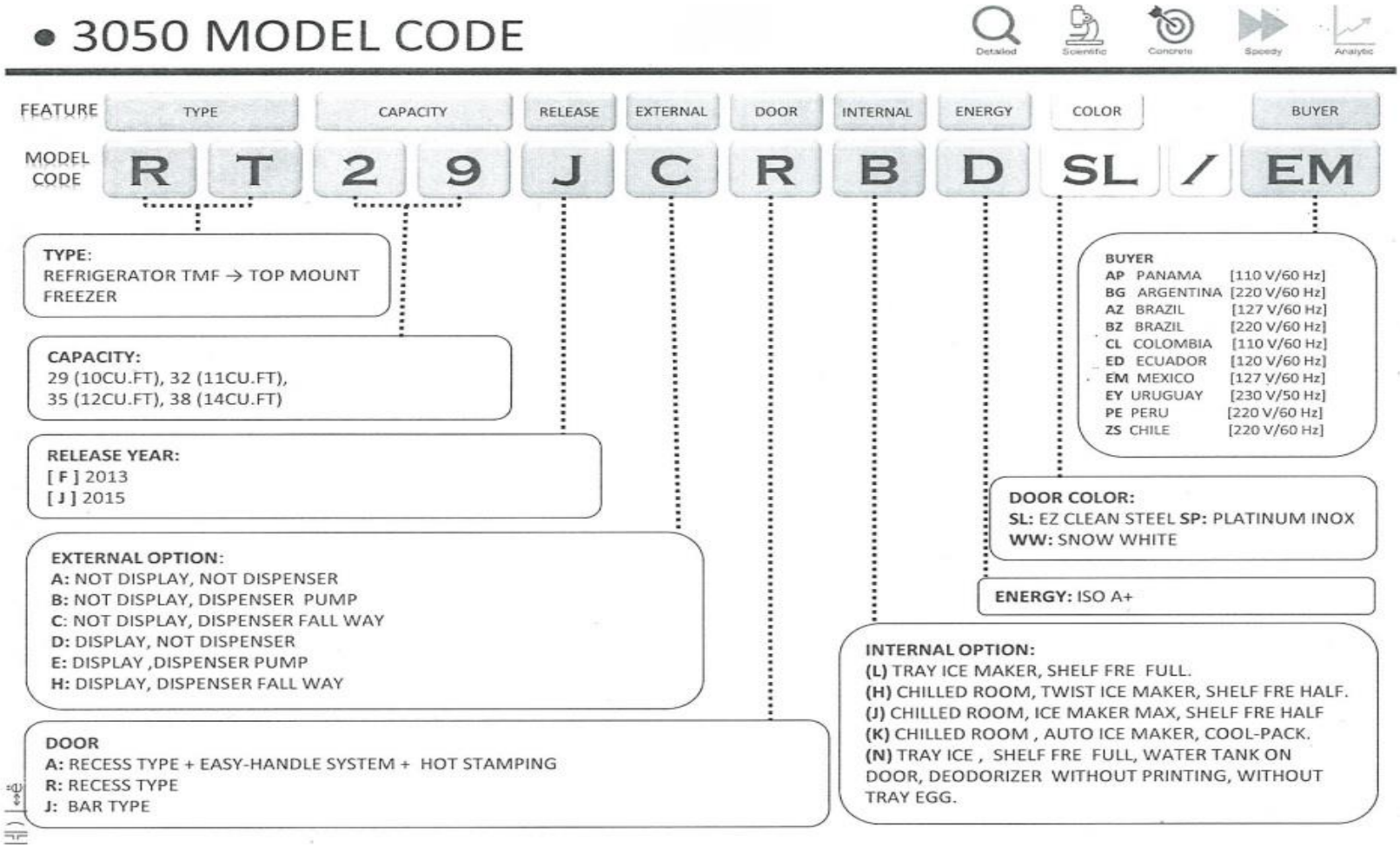
Tutusaus, V., Pujol, R. Estrany, F. (2006). Técnica industrial. Barcelona, España: Recuperado de http://www.tecnicaindustrial.es/tiadmin/numeros/26/38/a38.pdf

Wade, L. G. (2004). Química orgánica. (Quinta ed.). Madrid, España: Pearson Educación

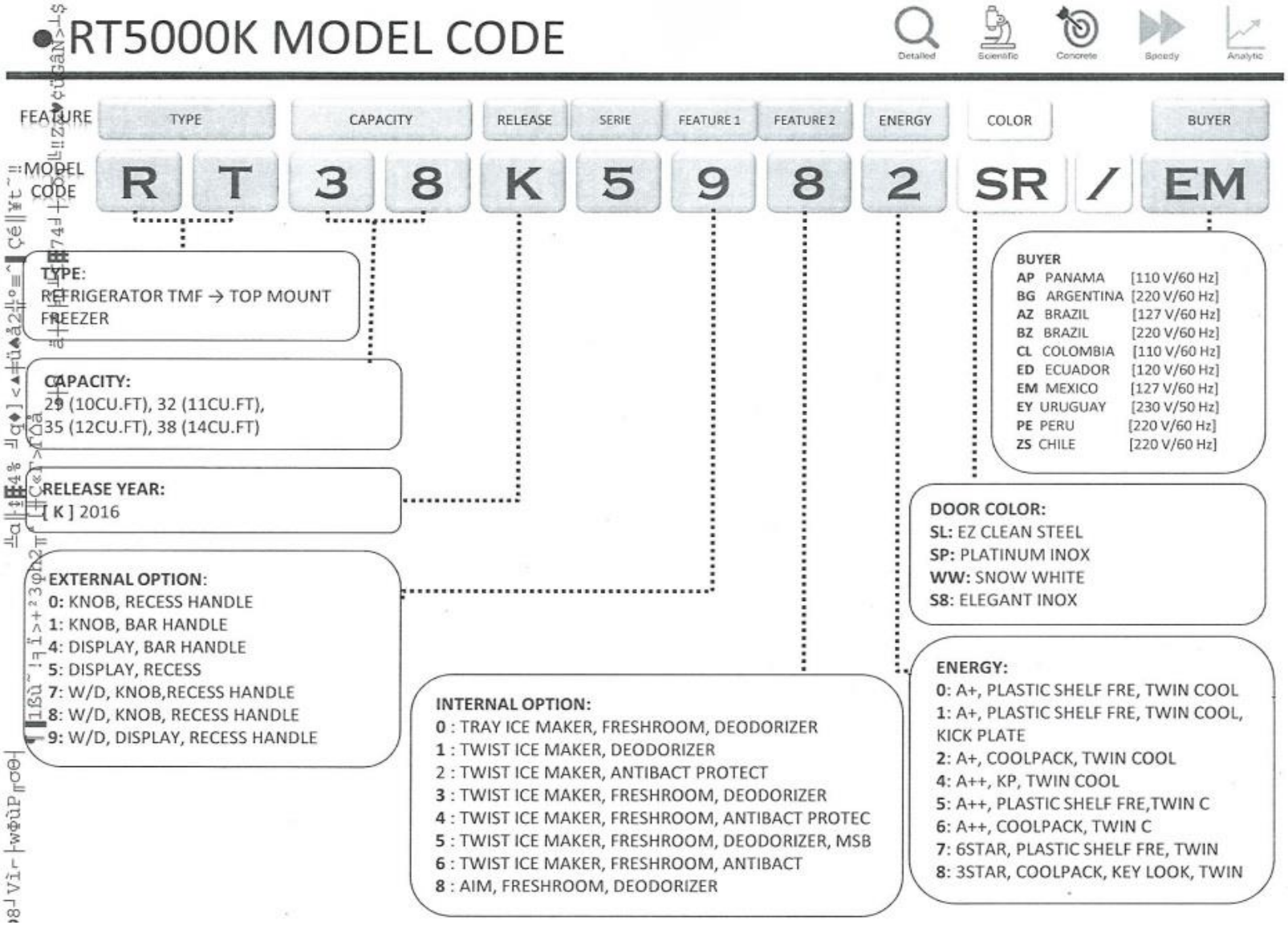
Anónimo. (2019). Samsung. México: Recuperado de https://www.samsung.com/mx/refrigerators/

12.- ANEXOS

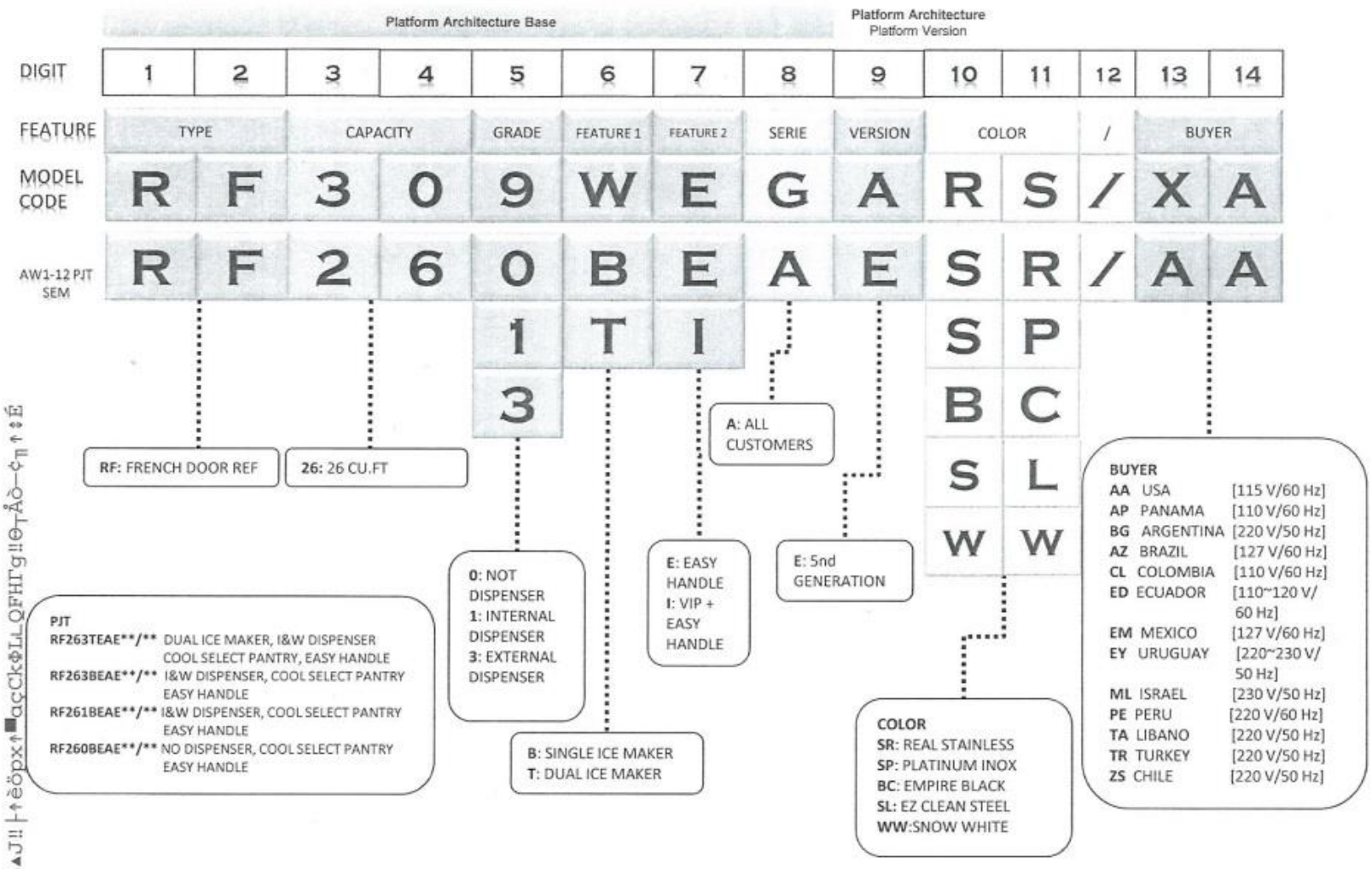
Anexo A.- Nomenclatura de modelos de los refrigeradores



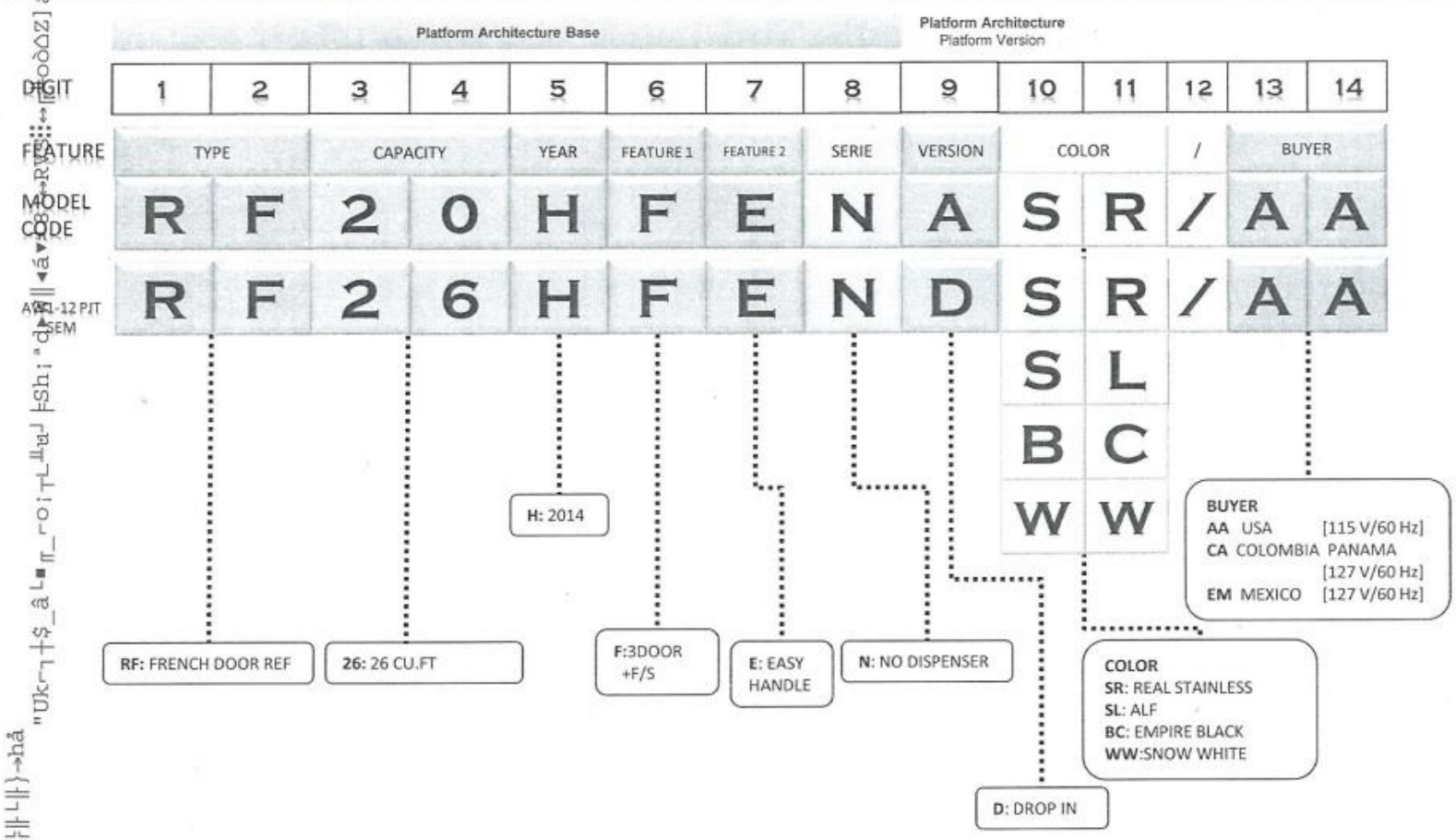
RT5000K MODEL CODE



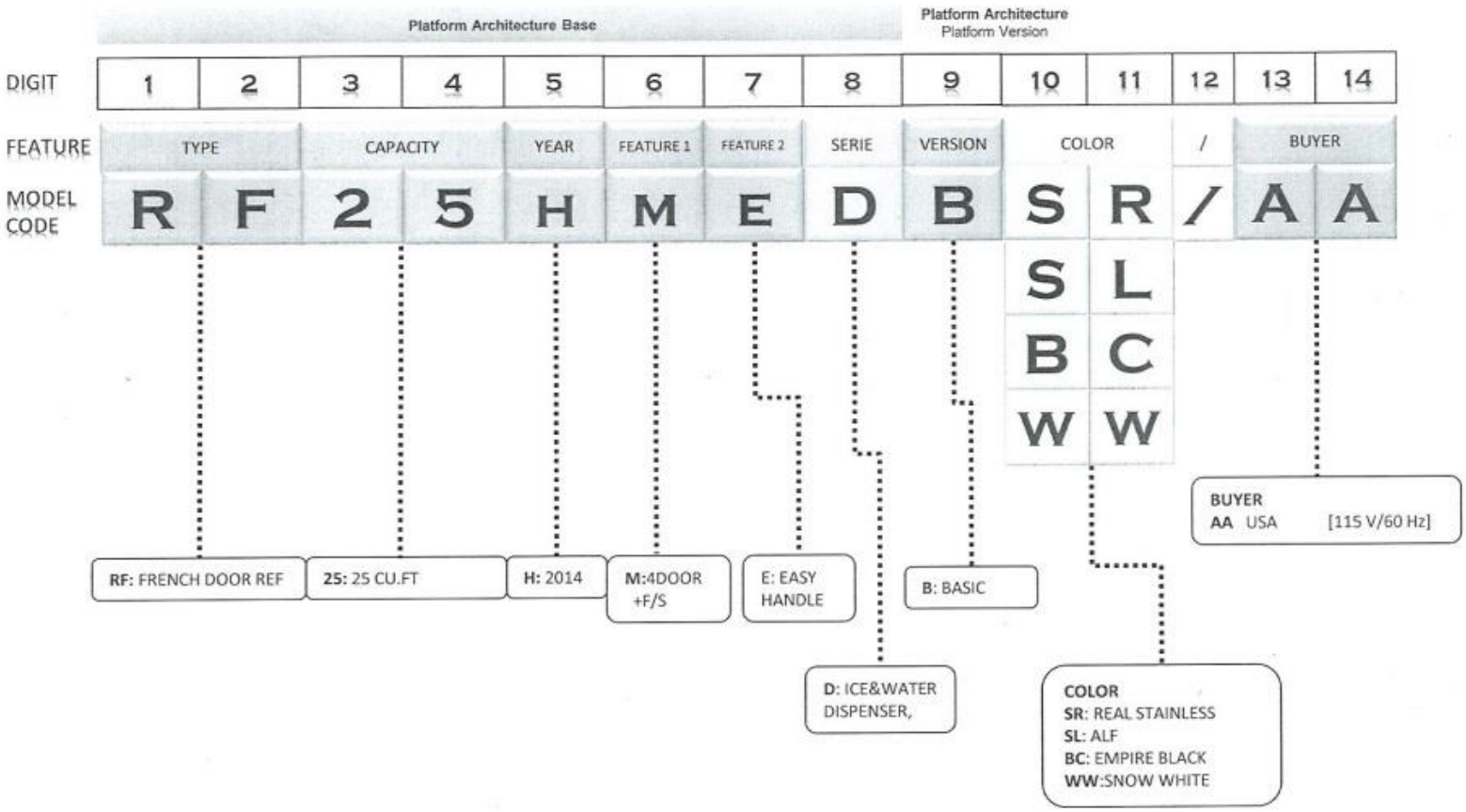
• AW1-12 MODEL CODE



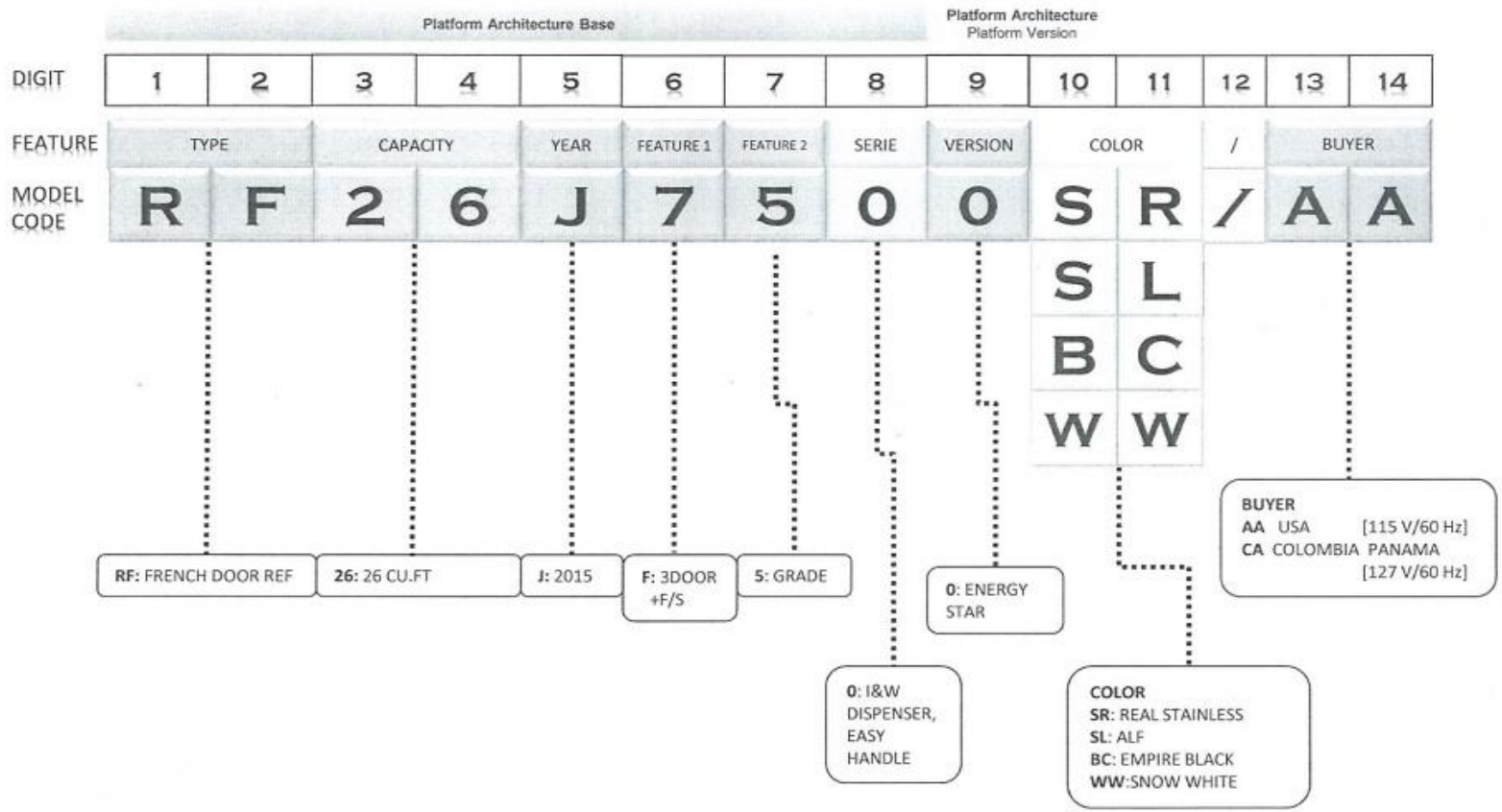
AW1-12 MODEL CODE [DROP IN]



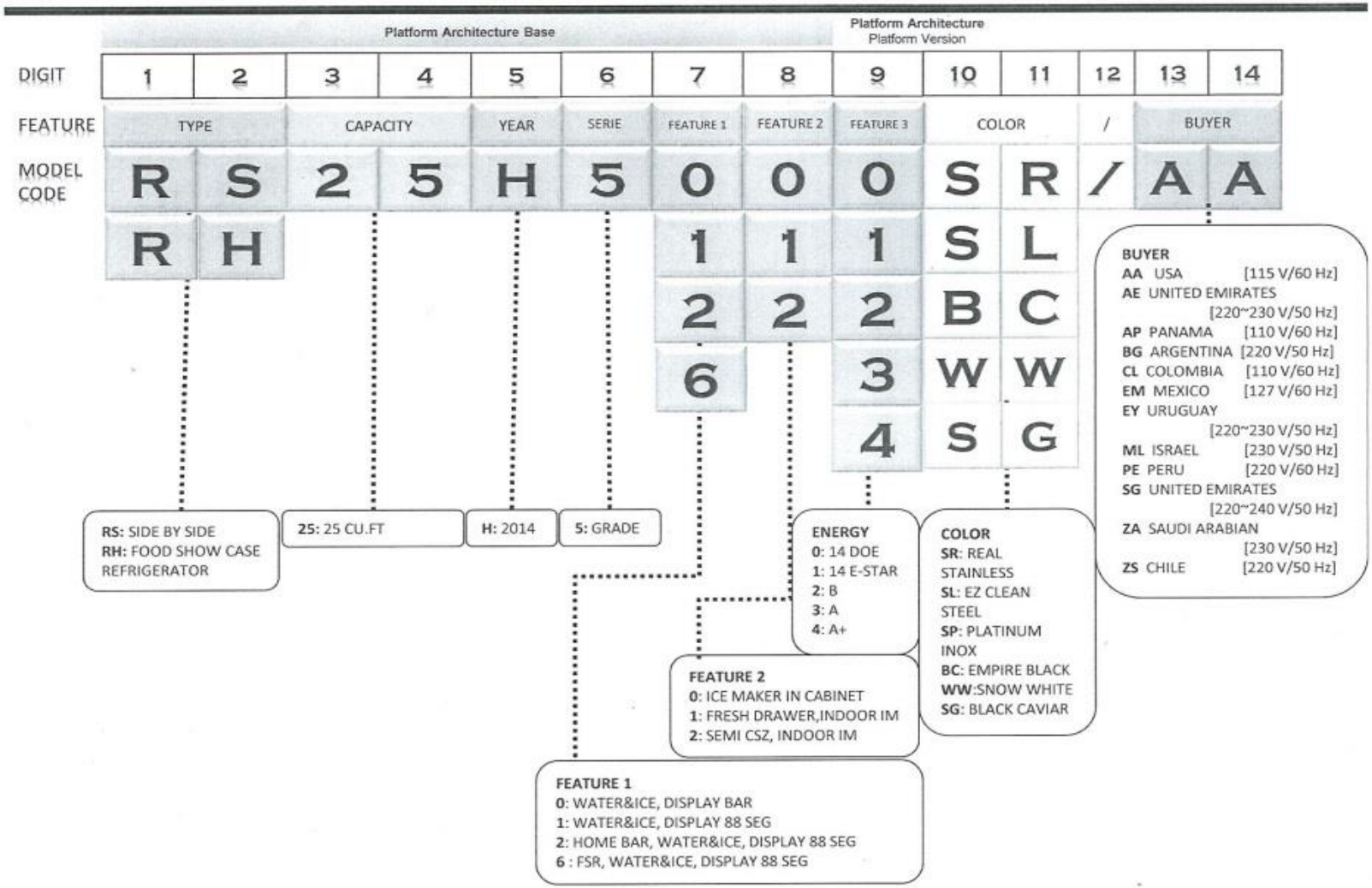
• OPUS 4D MODEL CODE



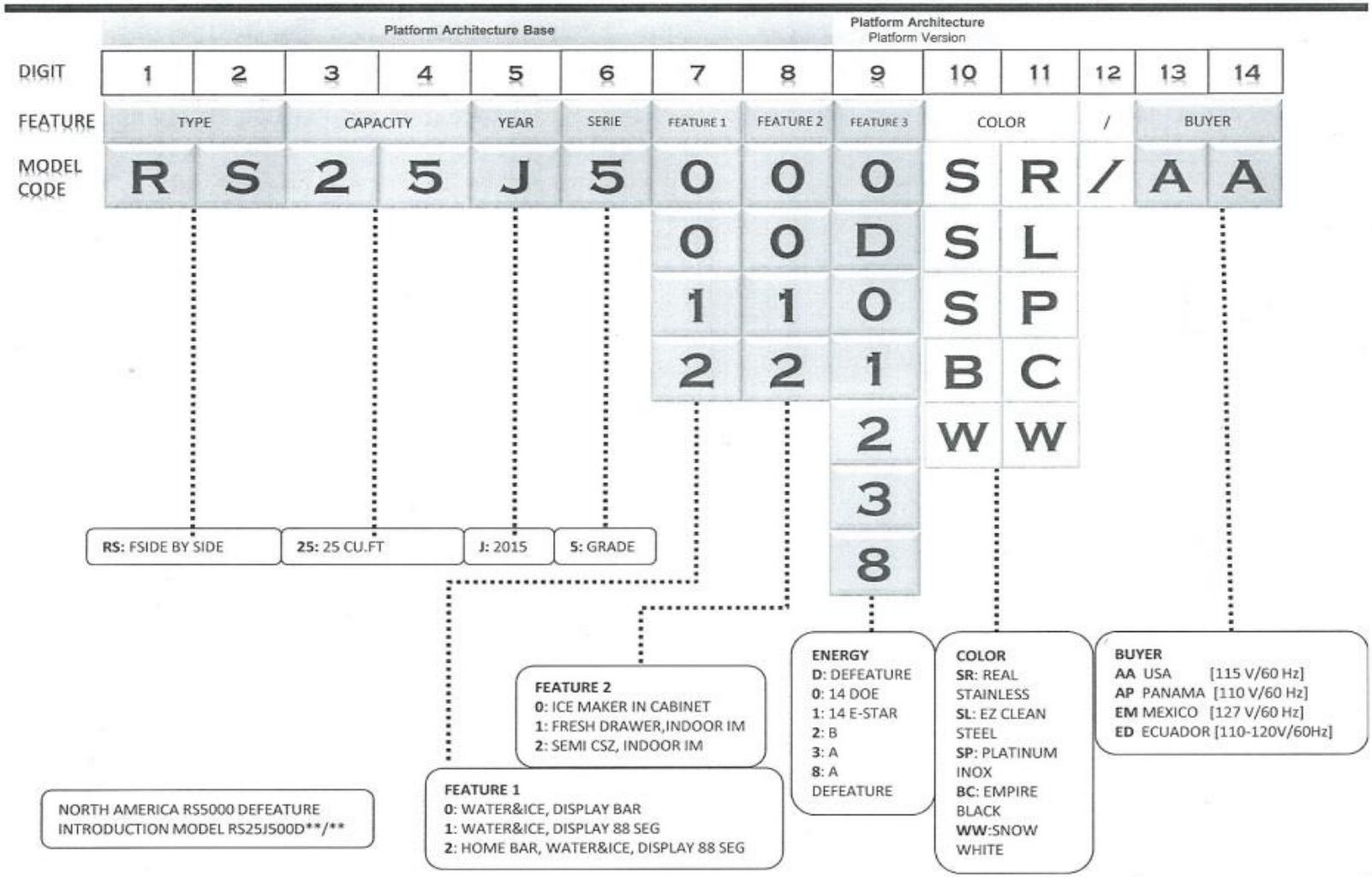
• OPUS 3D MODEL CODE



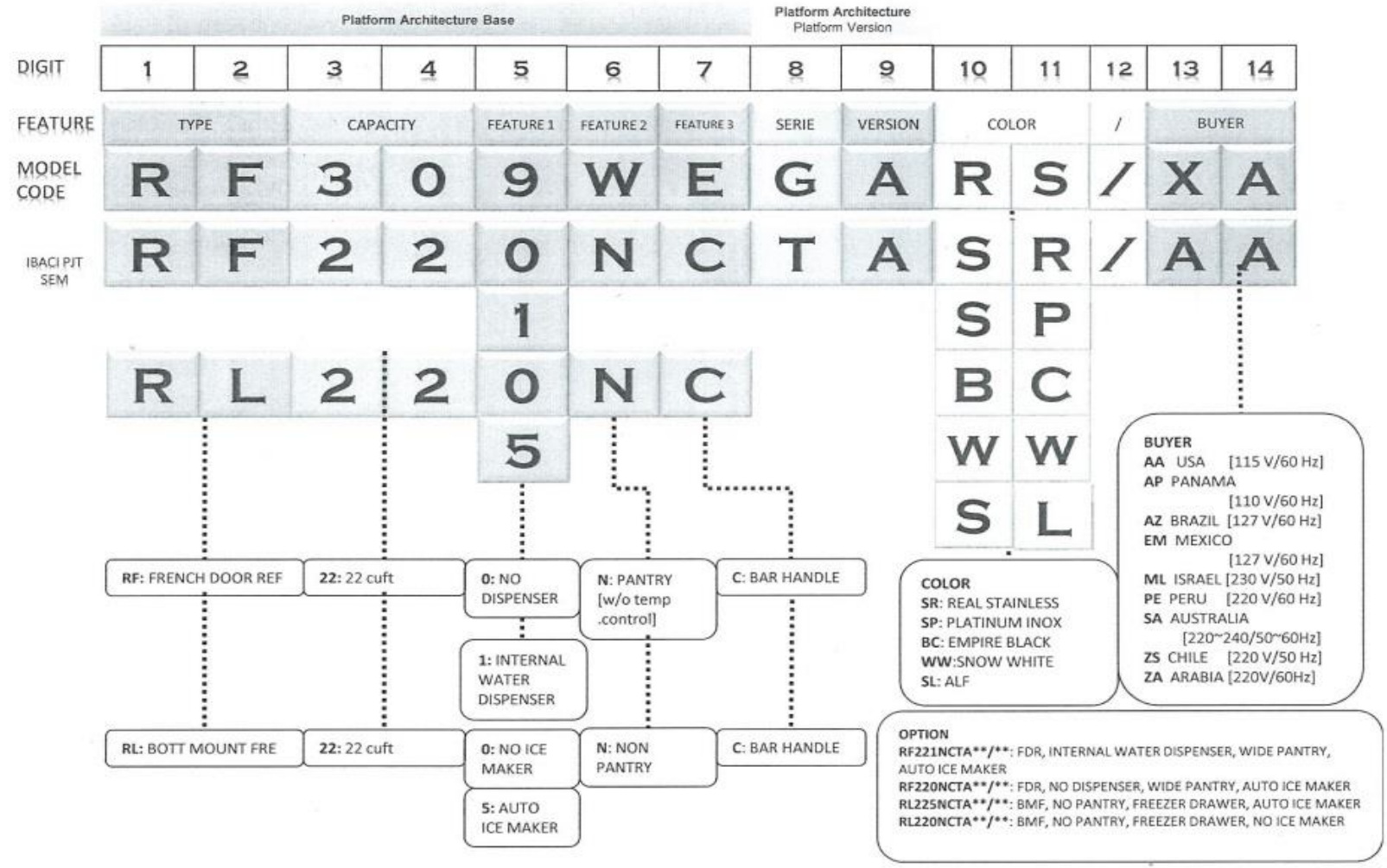
• SBS MODEL CODE



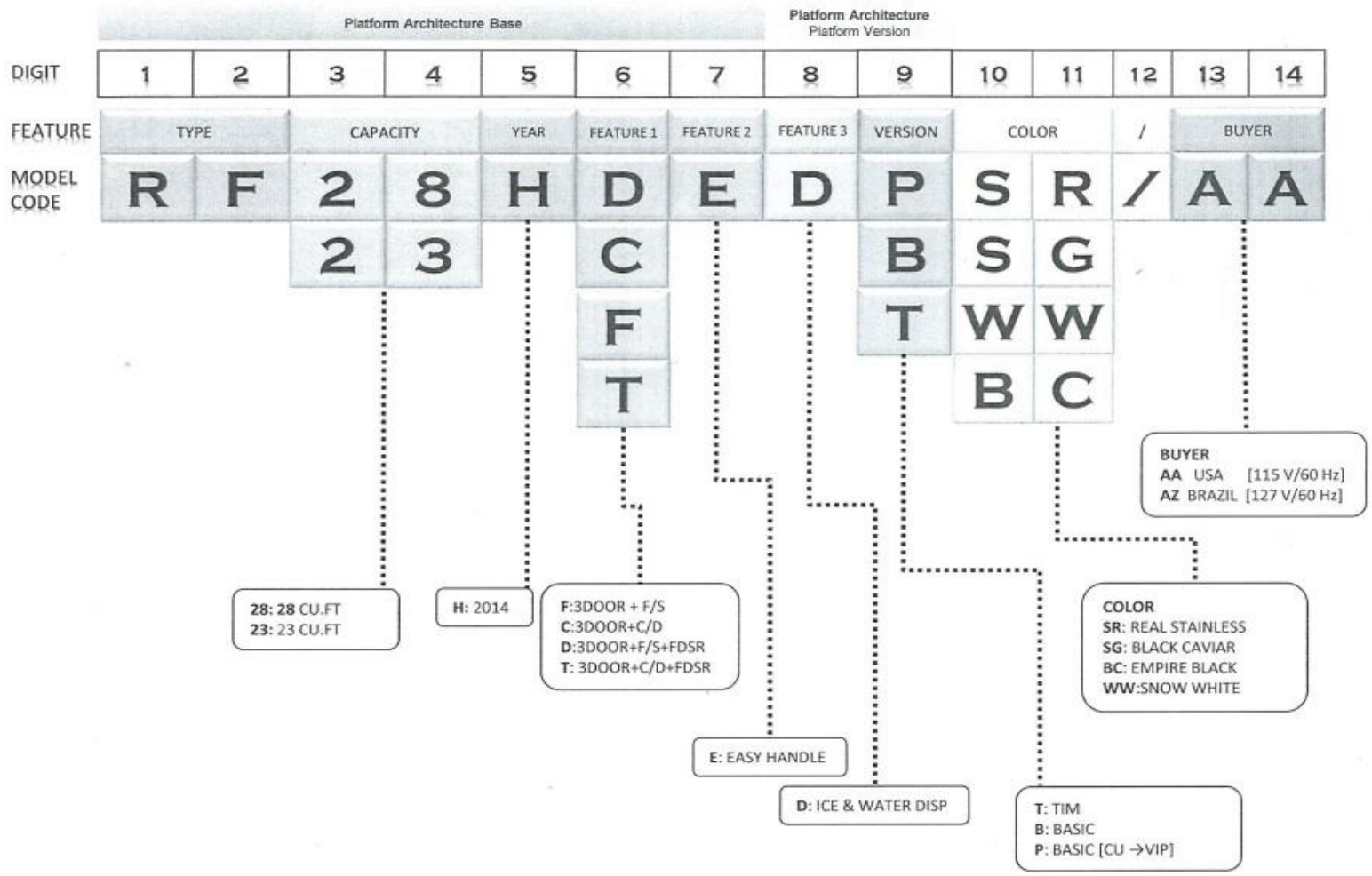
• SBS MODEL CODE [DEFEATURE]



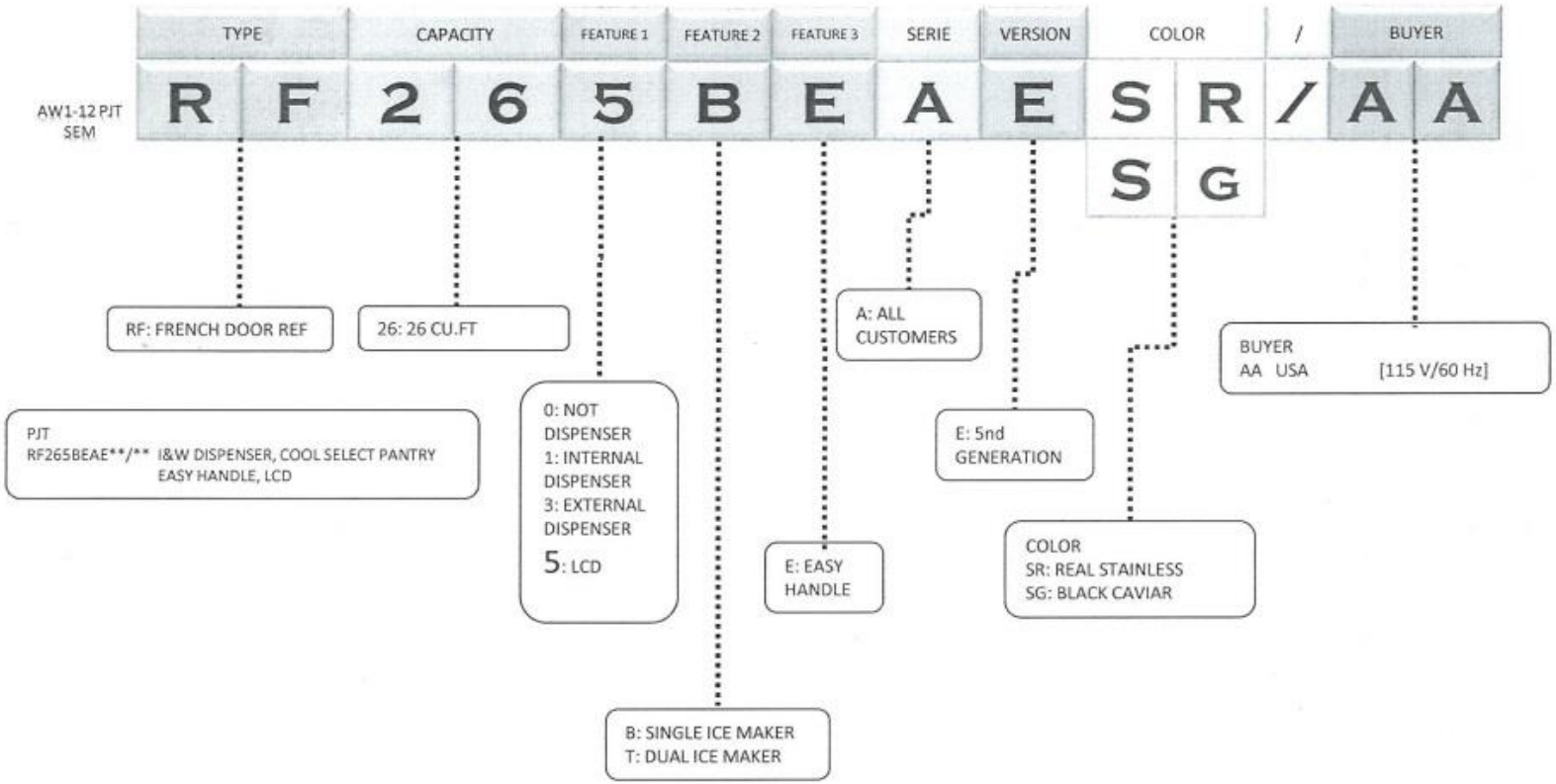
• IBACI MODEL CODE



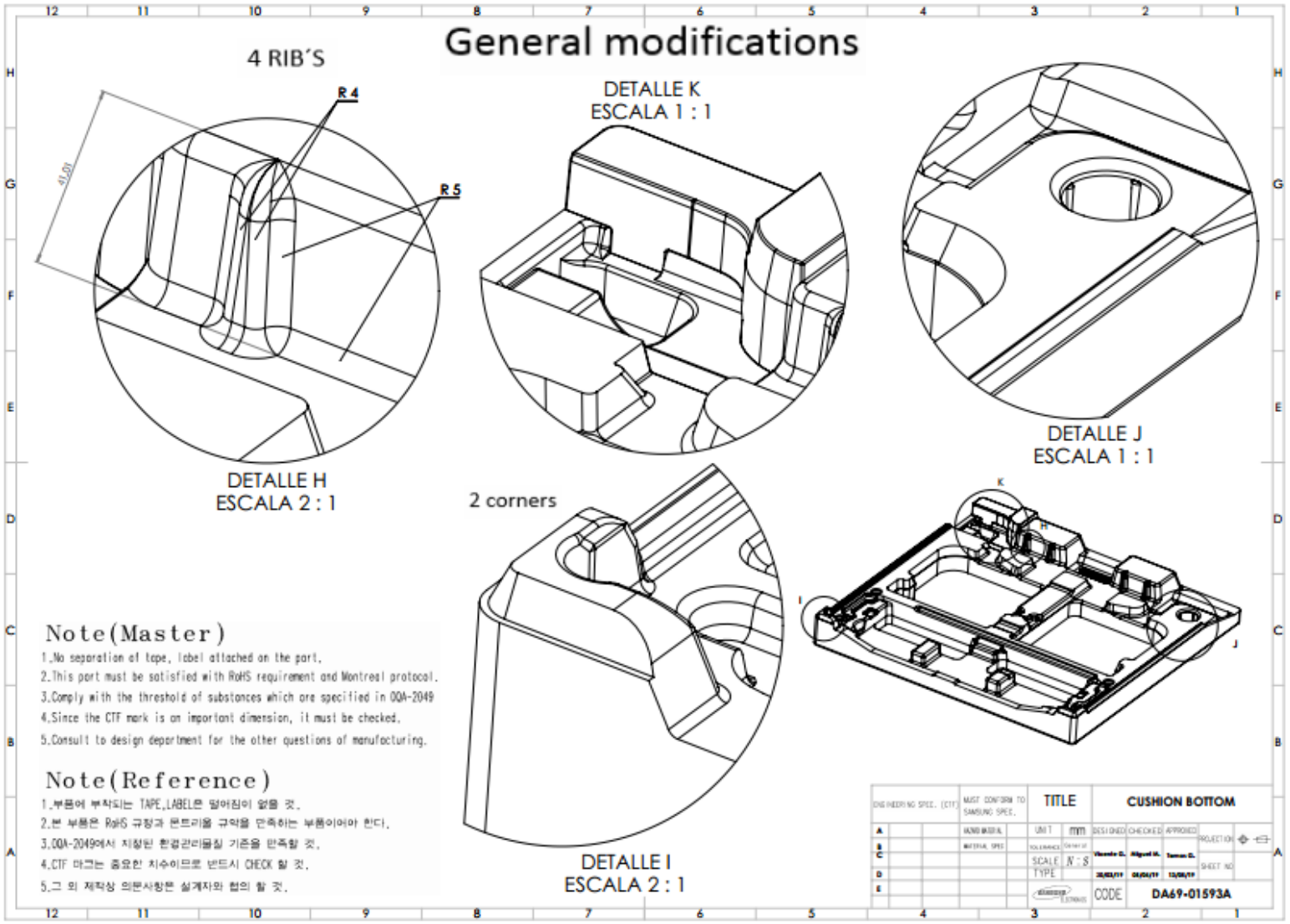
• AW2-14 MODEL CODE

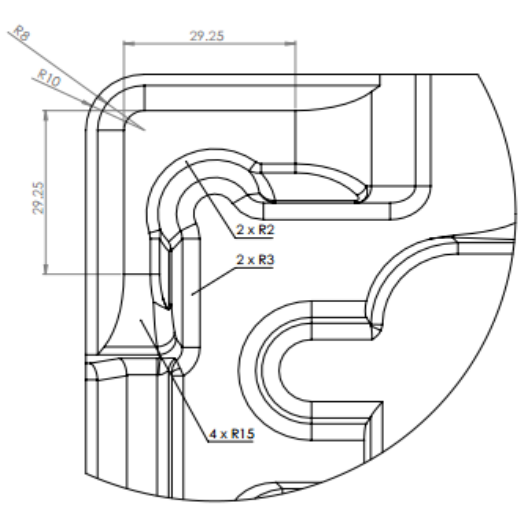


• AW1-12 F HUB MODEL CODE

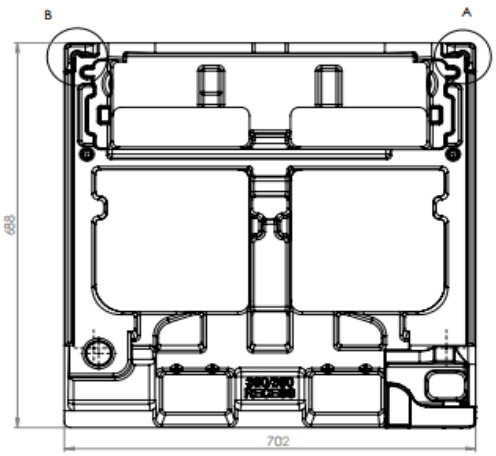


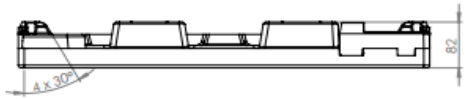
Anexo B.- Planos

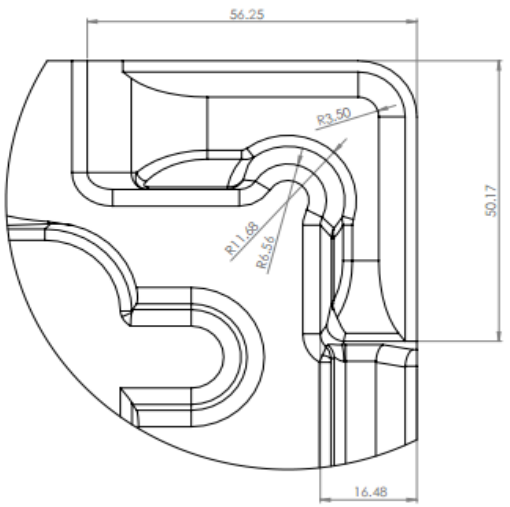




DETALLE B
ESCALA 2 : 1







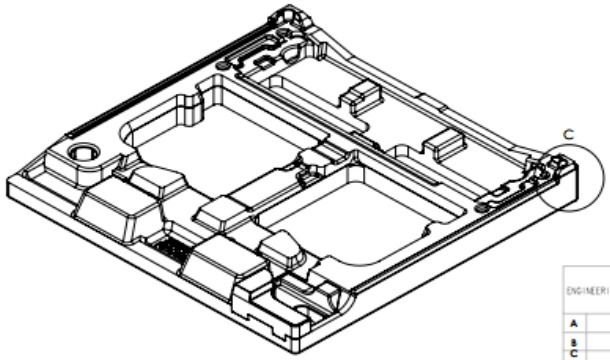
DETALLE A
ESCALA 2 : 1

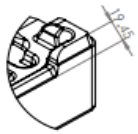
Note(Master)

1.No separation of tape, label attached on the part.
2.This part must be satisfied with RoHS requirement and Montreal protocol.
3.Comply with the threshold of substances which are specified in DQA-2049
4.Since the CTF mark is an important dimension, it must be checked.
5.Consult to design department for the other questions of manufacturing.

Note(Reference)

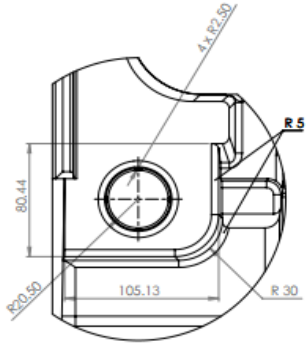
1.부품에 부착되는 TAPE,LABEL은 덮어짐이 없을 것.
2.본 부품은 RoHS 규정과 몬트리올 규약을 만족하는 부품이어야 한다.
3.DQA-2049에서 지정된 환경관리물질 기준을 만족할 것.
4.CTF 마크는 중요한 치수이므로 반드시 CHECK 할 것.
5.그 외 제작상 의문사항은 설계자와 협의 할 것.



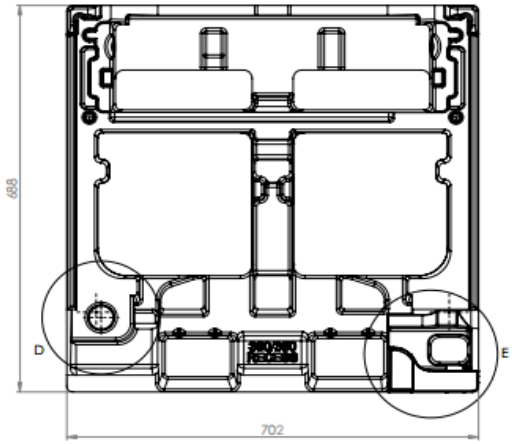


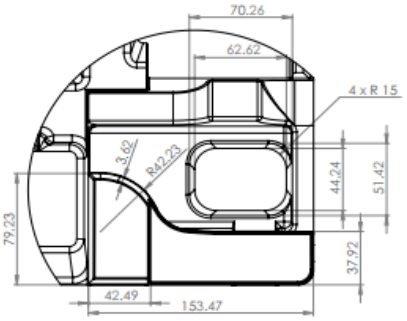
DETALLE C
ESCALA 2 : 5

ENGINEERING SPEC. (CTF)	MUST CONFORM TO SAMSUNG SPEC.	TITLE	CUSHION BOTTOM							
A	HAZARD MATERIAL	UNIT	mm	DESIGNED	CHECKED	APPROVED	PROJECTION			
B C	MATERIAL SPEC	TOLERANCE	General	Vicente G.	Miguel M.	Tomas G.				
		SCALE	N : S	20/03/19	05/04/19	13/05/19	SHEET NO			
D		TYPE								
E		SAMSUNG ELECTRONICS	CODE	DA69-01593A						

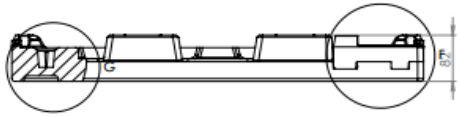


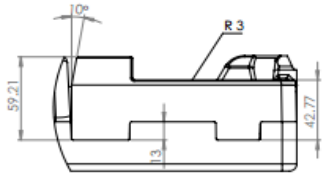
DETALLE D
ESCALA 1 : 2



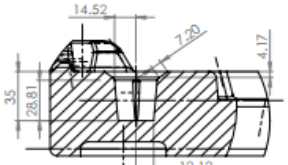


DETALLE E
ESCALA 1 : 2





DETALLE F
ESCALA 1 : 2



DETALLE G
ESCALA 1 : 2

Note(Master)

1.No separation of tape, label attached on the part.
2.This part must be satisfied with RoHS requirement and Montreal protocol.
3.Comply with the threshold of substances which are specified in OQA-2049
4.Since the CTF mark is on important dimension, it must be checked.
5.Consult to design department for the other questions of manufacturing.

Note(Reference)

1.부품에 부착되는 TAPE,LABEL은 떨어짐이 없을 것.
2.본 부품은 RoHS 규정과 몬트리올 규약을 만족하는 부품이어야 한다.
3.OQA-2049에서 지정된 환경관리물질 기준을 만족할 것.
4.CTF 마크는 중요한 치수이므로 반드시 CHECK 할 것.
5.그 외 제작상 의문사항은 설계자와 협의 할 것.

ENGINEERING SPEC. (CTF)		MUST CONFORM TO SAMSUNG SPEC.		TITLE		CUSHION BOTTOM				
A		HAZMI MATERIAL		UNIT	mm	DESIGNED	CHECKED	APPROVED	PROJECTION	
B C		MATERIAL SPEC		TOLERANCE	General	Vicente G.	Miguel M.	Tomas G.		
				SCALE	N : S				SHEET NO	
D				TYPE		20/03/19	05/04/19	13/05/19		
E						CODE	DA69-01593A			

Anexo C.- Imágenes Mold center

Ilustración 30.- Área de reparación y modificación de moldes.

Ilustración 31.- Desmonte de molde de inyección.

Ilustración 32.- Desensamble de cavidad para modificación fresadora.

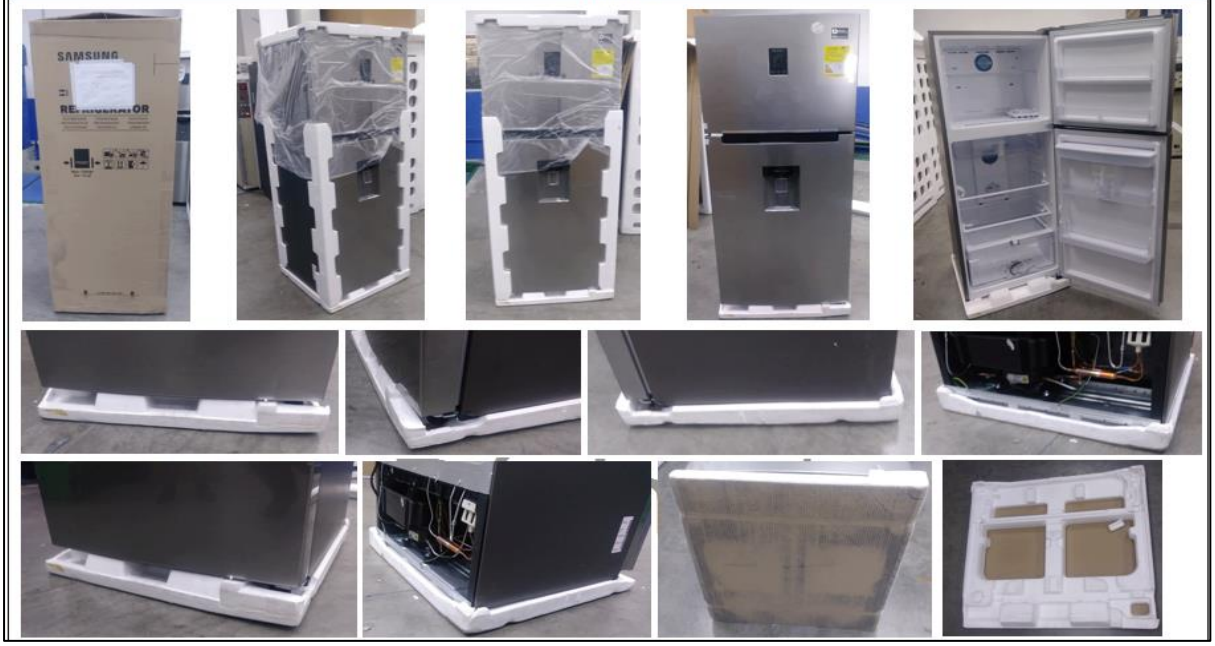
Ilustración 33.- Inyección de cushion bottom DA69-01593A.

Anexo D

Tabla 12.- Comparación y dimensionamiento de la pieza física.

CUSHION BOTTOM DA69-01593A			
BEFORE	**AFTER**	**PART**	**DIMENTION (mm)**
		Right upper corner	Corners added with dimension L= 56 W= 53
		Upper left corner	They added corners with a height of 18
		Bottom center	Four tabs were added with a height of H= 42 Diameter ø= 14
		lower left	Material was added in the lower right corner in addition to a hole with a diameter of: ø= 43 with a depth of: ↓= 35

Anexo E.- Tabla 13 Evidencias de las pruebas.

RT5000K


Anexo F Tabla 14.- Check list de resultados

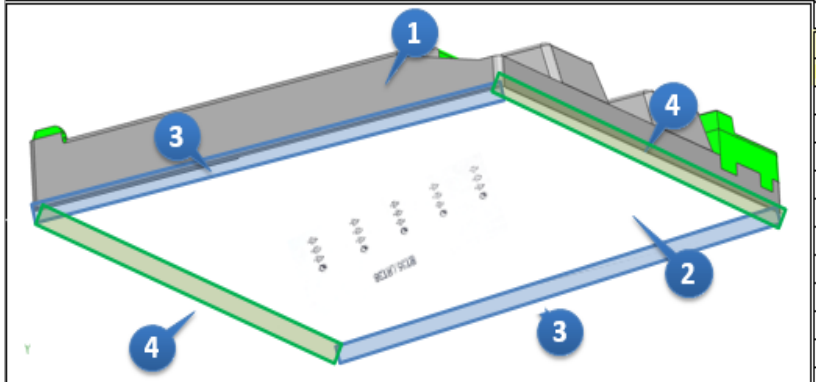
No	Failure Case	Evaluation Items			Specification	Defects	RT38-35			Remarks
							SPL 1	SPL2	SL3	
1	Tearing out Packing Box	Packing condition	Tearing out packing box		No	Minor	OK	OK	OK	
			Upper/Lower packing damaged		No	Minor	OK	OK	OK	
			Damage on the bottom packing cause by Hand Truck				OK	OK	OK	
			PP-BAND deformation(loose,torn etc)		No	Minor	OK	OK	OK	
			Product damage by packaging		No	Minor	OK	OK	OK	
2	Door Deformation	FRE	Bin fall-off or damage		No	Minor	OK	OK	OK	
			Height difference between doors		under 3mm	Minor	2	1.5	2	Relevant model
			Door Sag		under 4mm	Minor	1.8	2	2	
			Damage on the Door surface		2mm or under 2Φ	Minor	OK	OK	OK	Refer the appearance evaluation standard
			(Scratch, Dent, Painting off etc.)				OK	OK	OK	
			Hinge Crack		No	Major	OK	OK	OK	
			Gasket Sealing width		over 5mm	Major	7	8	7	
			Gasket deformation(Swelling, Tearing, Burr)		No		OK	OK	OK	
		REF	Bin fall-off or damage		No	Minor	OK	OK	OK	
			Height difference between doors		under 3mm	Minor	2	1.5	1.6	Relevant model
			Door Sag		under 4mm	Minor	1.6	2.3	2	
			Damage on the Door surface		2mm or under 2Φ	Minor	OK	OK	OK	Refer the appearance evaluation standard
			(Scratch, Dent, Painting off etc.)				OK	OK	OK	
			Hinge Crack		No	Major	OK	OK	OK	
			Gasket Sealing width		over 5mm	Major	7.2	8.8	8.5	
			Gasket deformation(Swelling, Tearing, Burr)		No	Minor	OK	OK	OK	
3	Cabinet's Side Deformation	Cabinet	Deformation		No	Major	OK	OK	OK	
			fall-off internal fixed assembly		No	Major	OK	OK	OK	
			wear-out by shelves		No	Major	OK	OK	OK	
			wear-out by veggie box		No	Major	OK	OK	OK	
			fall-off contents&packing damage		No	Minor	OK	OK	OK	
			Kick plate deformation		No	Major	OK	OK	OK	Relevant model
			fall-off LEG		No	Major	OK	OK	OK	Relevant model
			Front base plane deformation		No	Major	OK	OK	OK	Relevant model
4	Door top part Scratch	Appearance quality	Scratch occurs on external of the product		No	Major	OK	OK	OK	
			Ash occurs on external of product		No	Critical	OK	OK	OK	
			Top cushion and door gap dimension		Over 10mm	Major	OK	OK	OK	
5	logo friction and transform	logo condition	Packing friction		No	Major	OK	OK	OK	
			logo transform		No	Major	OK	OK	OK	
			Denting, pressing, separation		No	Major	OK	OK	OK	
6	Fixing Bolt damage	Hinge	Hinge fixing Bolt loosing force		Over 40㎏.f.㎝	Major	OK	OK	OK	
			Hinge fixing Bolt breakage strength		Over 165㎏.f.㎝	Major	OK	OK	OK	
7	Pipe Crack SBS shipped by train in U.S.	UNIT	Comp/Fan	loosing force	over 40㎏.f.㎝	Minor	OK	OK	OK	Relevant model
			fixed condition	fall off	No	Major	OK	OK	OK	
			Condenser	assembled force	over 5㎏.f.㎠	Major	OK	OK	OK	Relevant model
			fixed condition	deformation	No	Major	OK	OK	OK	Relevant model
			damaged/bent	Suction Pipe	No	Major	OK	OK	OK	
			pipe	Discharge Pipe	No	Major	OK	OK	OK	
			Comp base sag(deformation)		under 5㎜	Major	OK	OK	OK	
			Comp Cover Deformation		No	Minor	OK	OK	OK	Relevant model
			Fall-off PTC Relay		No	Major	OK	OK	OK	
			Fall-off Wire or electric part		No	Major	OK	OK	OK	
			Free field distance of the Comp wire		Over 25mm	Minor	OK	OK	OK	
		EVAP ASSY	F EVAP ASSY	inlet (outlet)	No	Major	OK	OK	OK	
			damaged/bended	welding part	No	Major	OK	OK	OK	
			pipe	Distance between Heater & Plate	Over spec.	Major	OK	OK	OK	Left,right,rear,lower
				Heater	No separation	Major	OK	OK	OK	
				wires	No	Major	OK	OK	OK	
			R EVAP ASSY	inlet (outlet)	No	Major	OK	OK	OK	Relevant model
			damaged/bent	welding part	No	Major	OK	OK	OK	

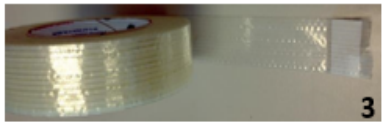
			pipe	Distance between Heater & Plate		Over spec.	Major	OK	OK	OK	Left,right,rear,lower
				Heater		No separation	Major	OK	OK	OK	
				wires		No	Major	OK	OK	OK	
8	Damaged part in Comp	Operation	Pipe Gas Leakage			None	Major	OK	OK	OK	
		Condition	Comp/Fan operation			Normally operate	Major	OK	OK	OK	
		when	Abnormal noise			None	Major	OK	OK	OK	
		Power on	Comp grommet deformation			None	Major	OK	OK	OK	
			Operation status of each functions key			Normally operate	Major	OK	OK	OK	
9	Soldering crack	PCB	Soldering part crack			None	Major	OK	OK	OK	Relevant model
			Fall-off, damage, wear-out etc.			None	Major	OK	OK	OK	
10	Connectors	Disconnection of Connectors(PCB, Inside of Ref.)				None	Major	OK	OK	OK	
11		Fall-off top Cap after Basiloid Test				None	Major	OK	OK	OK	
		Lower part components fall-off&critical damage				None	Major	OK	OK	OK	
		Measure the water resistance pressure(2~8kgf/㎠ for 5 min.)				None	Major	OK	OK	OK	Relevant model
		After drop the highest height in the worst case						OK	OK	OK	
12	Electrical leakage	Evaluation of electrical safety		Insulation resistance		Over 30㏁	Critical	OK	OK	OK	
				Leakage current	stable section	under 0.5㎃	Critical	OK	OK	OK	
					transient section	under 0.75㎃	Critical	OK	OK	OK	
				Withstand voltage (1250V/1 min)		No damage	Critical	OK	OK	OK	
				Earthing resistance		0.1Ω↓	Critical	OK	OK	OK	
13	Weight	SET		Weight difference		under 5%	Major	OK	OK	OK	
Criteria						Critical, Major :0		**OK**	**OK**	**OK**	
						Minor : less than 2					

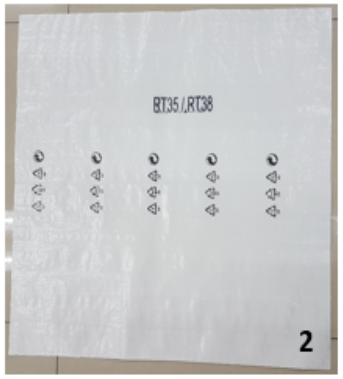
Anexo G.- Work instruction for assembly

MODEL	RT35/38
CODE	DA98-00143F

ASSEMBLY & MATERIAL LIST







WORKING INSTRUCTION

Main materials list

No	NAME	CODE	Q'TY	REMARK
1	CUSHION BOTTOM	DA69-01593A	1 PC	
2	PAD PACKING-BOTTOM	DA69-02445A	1 PC	Change material (paperboard → sheet PP)
3	TAPE-FILAMENT	0203-001545	1.54 M	
4	TAPE ETC-OPP	DC69-90008A	1.56 M	
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				
16				
17				
18				
19				
20				
21				
22				
23				

Measuring instruments & tools list

No	Description	Q'TY	REMARK

MODEL	RT35/38
CODE	DA98-00143F

ASSEMBLY & MATERIAL LIST

1

WORKING INSTRUCTION

※ Working method

1. Check that the piece has no burr or is fractured

Main materials list

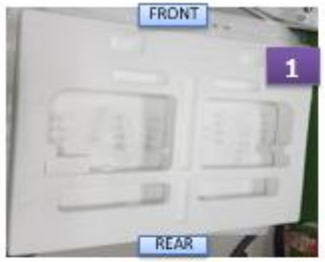
No	Description	Q'TY	REMARK
1	CUSHION BOTTOM	1 Pc	
2			
3			
4			
5			
6			

Measuring instruments & tools list

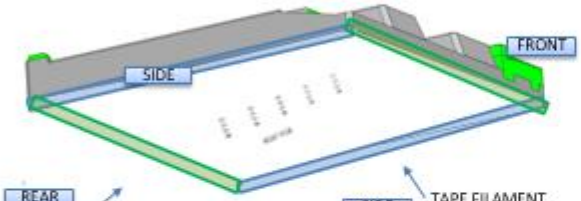
No	Description	Q'TY	REMARK

INSPECTION	
CAUTION	
REMARK	

Version	2	Date	2019.05.13	Page		Written by / TEL	VICENTE GUTIERREZ



3



TAPE ETC-OPP
(Qty: 0.78 m * 2)

TAPE FILAMENT
(Qty: 0.77 m * 2)

INSPECTION	Each part must be according the direction.
CAUTION	
REMARK	

WORKING INSTRUCTION

※ Working method

1. View the direction of Cushion bottom (FRONT / REAR) as showing on the Picture 1

2. View the direction of Cushion pad packing sheet (FRONT/ REAR) as showing on the picure 2

3. Paste TAPE ETC-OPP on the part Front/ Rear (Qty: 0.70 M*2) and paste TAPE FILAMENT Left/Right side (Qty: 0.775M*2) in Cushion Bottom

※ The operation sequence

1. PAD PACKING-BOTTOM located to below CUSHION-BOTTOM.
2. Attached by TAPE FILAMENT on the connection part of CUSHION-BOTTOM & PAD PACKING-BOTTOM.

※ Caution

1. Each part must assembly exact location after thorough inspection of each component.
2. TAPE is pasted according the position and the direction.

Main materials list

No	Description	Q'TY	REMARK
1	PAD PACKING-BOTTOM	1 PC	
2	TAPE-FILAMENT	1.54 M	
3	TAPE ETC-OPP	1.56 M	
4			
5			
6			

Measuring instruments & tools list

No	Description	Q'TY	REMARK

Version	2	Date	2019.05.13	Page		Written by / TEL	VICENTE GUTIERREZ PEREZ

Anexo H.- Imágenes de la implementación en línea.

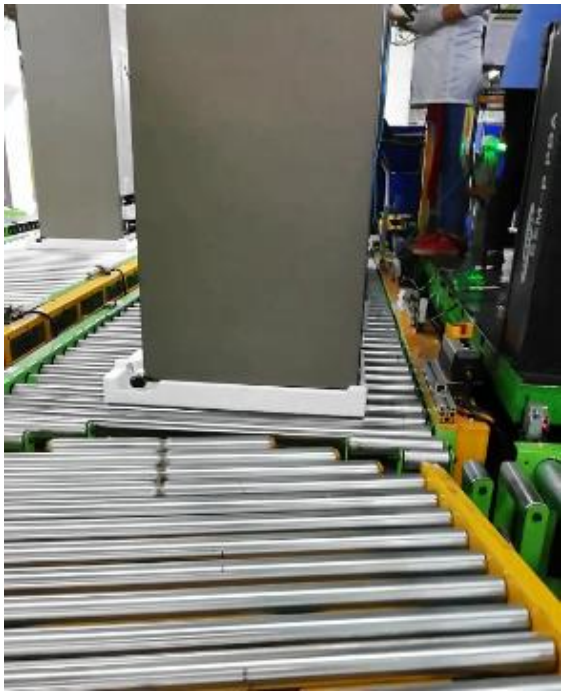


Ilustración 34.- Robot ensamblador y seguimiento de la implementación en línea de producción A.

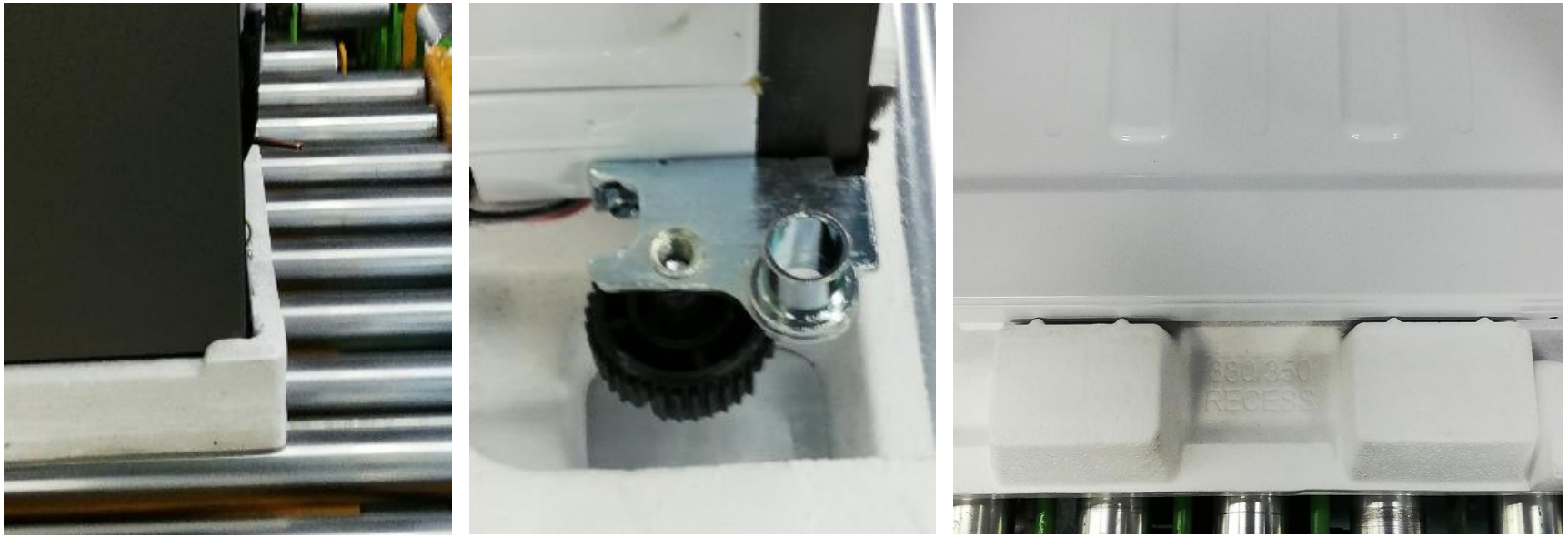


Ilustración 35.- Puntos de cambio no presentaron problemas durante el seguimiento en línea.

Anexo I.- Aportaciones a la empresa

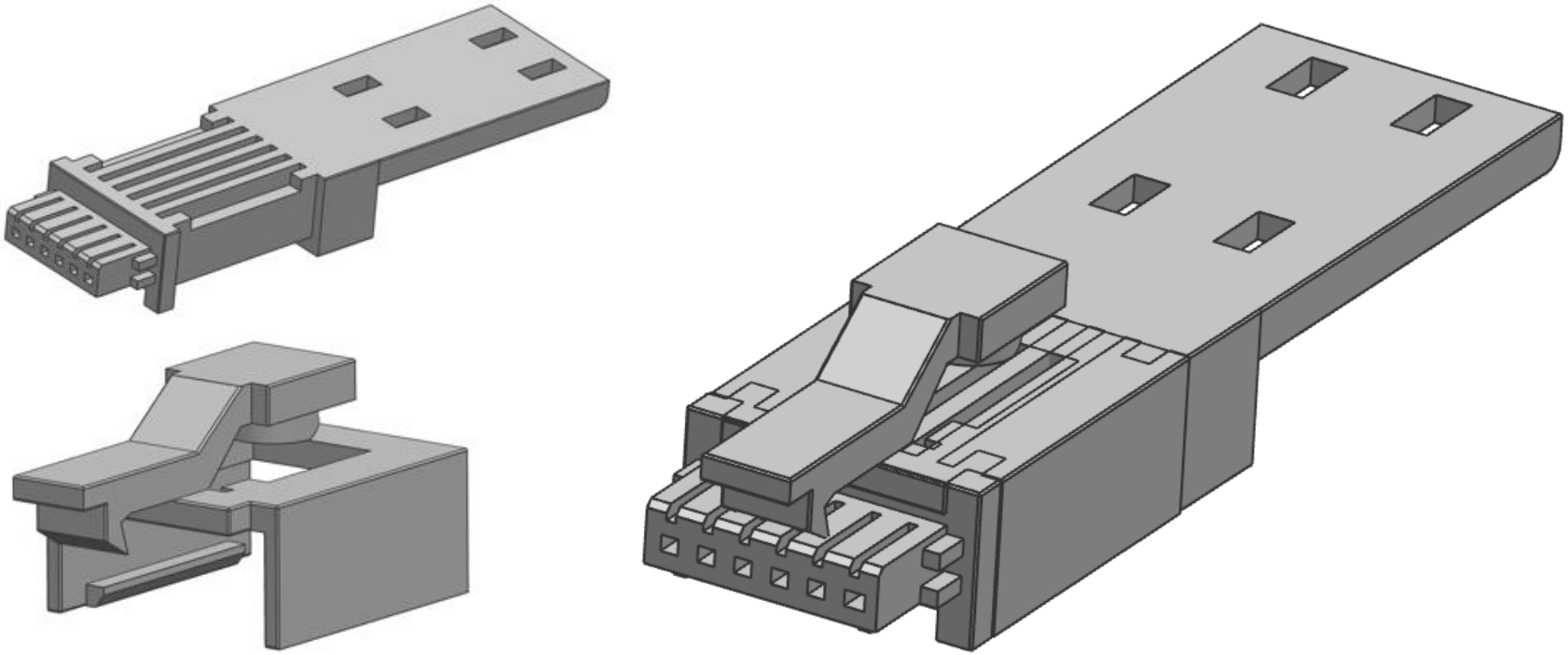


Ilustración 36.- JIG de inspección de voltaje (modelado NX e impresión 3D)

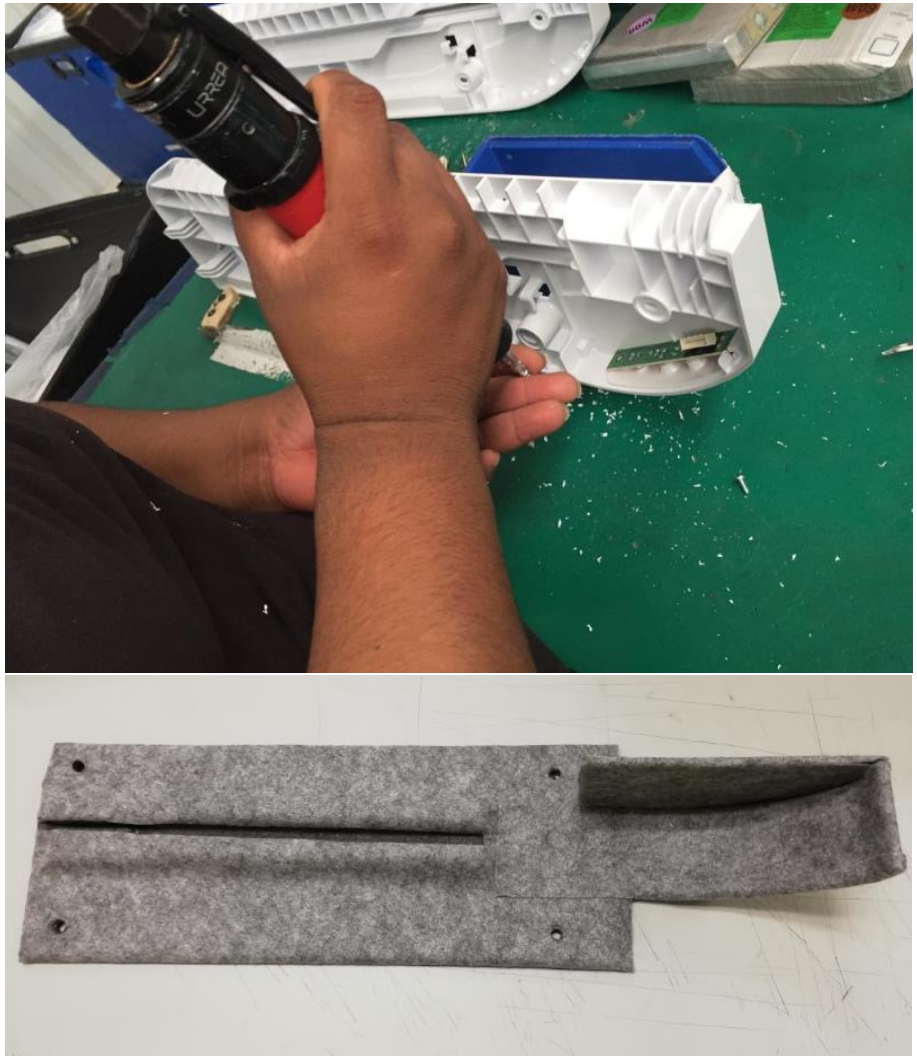


Ilustración 37.- JIG para ensamble de tarjeta COVER RAIL PANTRY.