

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA  
ESCUELA POLITÈCNICA SUPERIOR DE ALCOY



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA

CAMPUS D'ALCOI

**TRABAJO FIN DE GRADO**

GRADO EN INGENIERÍA MECÁNICA

*DISEÑO Y FABRICACIÓN DE  
UN RETENEDOR DE  
RESIDUOS PARA IMBORNALES  
DE REJILLA C-250*

**Autor:**

Marco Solaro Menéndez

**Tutor:**

David García Sanoguera

**Cotutor:**

Octavio Fenollar Gimeno

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA  
ESCUELA POLITÈCNICA SUPERIOR DE ALCOY



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA

CAMPUS D'ALCOY

**TRABAJO FIN DE GRADO**

**GRADO EN INGENIERÍA MECÁNICA**

*DISEÑO Y FABRICACIÓN DE UN  
RETENEDOR DE RESIDUOS PARA  
IMBORNALES DE REJILLA C-250*

**Autor:**

Marco Solaro Menéndez

**Dirigido por:**

David García Sanoguera

Octavio Fenollar Gimeno

**Mayo, 2019**

# RESUMEN

## DISEÑO Y FABRICACIÓN DE RETENEDOR DE RESIDUOS PARA IMBORNALES DE REJILLA C-250

En los últimos años la movilización de la población a las zonas más urbanizadas ha conducido a la saturación en la red de alcantarillado en cuanto al desalojo de las aguas pluviales. El comportamiento climatológico de precipitación en España suele ser de lluvias cortas pero intensas, este fenómeno produce caudales punta elevados en la escorrentía superficial, que muchas de las veces si los elementos de captación no se encuentran en perfectas condiciones, producen pequeñas inundaciones generando costes socio-económicos. Este trabajo de final de grado pretende plantear el diseño de un retenedor de residuos para poder incorporarlo a los imbornales C-250 asegurándolo en la tapa o rejilla del mismo.

De esta forma, se propone una posible solución a las pequeñas inundaciones que se producen en las calzadas cuando el imbornal se presenta obstruido por la suciedad. Se pretende realizar un diseño que no reduzca la sección útil de desagüe y que permita el desalojo del agua aunque el retenedor este lleno, también se tendrá en cuenta la capacidad ergonómica del diseño. Además, se pretenderá que el diseño del retenedor pueda ser incorporado a distintos fabricantes y modelos de imbornales tipo C-250.

Se discutirá los diferentes tipos de materiales para la aplicación y se seleccionará el más idóneo. Dependiendo de la geometría del diseño y del material seleccionado se optará por elegir el proceso de fabricación. Finalmente, se desarrollarán los cálculos pertinentes para su fabricación y se concluirá con un presupuesto unitario aproximado.

**Palabras clave:** Retenedor de residuos, limpieza de imbornal, ecología urbana.

# SUMMARY

## DESIGN AND MANUFACTURE OF RESIDUE RETAINER FOR SCUPPERS C-250

During the latest years, the mobilisation of the population to the most urbanized places has turned into a saturation in the sewerage system regarding the evacuation of rainwater. The climatological behaviour of precipitations in Spain is usually of short rains but intense. This phenomenon produces high peak flows in surface runoff, which in many times, if surface collection elements aren't in perfect conditions, they will produce small floods, generating socio-economic costs.

This end of grade work pretends to suggest the design of a waste retainer to be able to incorporate to the gutter C-250 in its lid or grid.

In this way, it is suggested a possible solution to the small floods that are produced in the streets when the gutter is blocked because of the dirt and wastes of the thoroughfare. It is pretended to create a design that doesn't reduce the useful section of the drain and will let the water be evicted, even if the retainer is capped. It will be taken into account the ergonomic capacity of the device at the time of eliminating the wastes of the retainer. Moreover, among other aspects, it will be set out the design of the retainer for a kind and specific maker of gutters, spreading it in a future to other makers and different types of the ones that are in the Spanish roads.

It will be discuss the varied types of materials that can be used for the application and the most suitable will be select. Depending on the geometry of the design and the chosen material, we will opt for the fabrication process. Finally, the appropriate calculations will be developed in order to their fabrication and will be conclude with an approximated unit budget.

**Key words:** Retainer of residues, cleaning of scupper, urban ecology



# TABLA DE CONTENIDOS

RESUMEN .....	3
SUMMARY.....	4
TABLA DE CONTENIDOS.....	5
ABREVIATURAS .....	8
<b>I. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>9</b>
I.1. ANTECEDENTES.....	10
I.1 INTRODUCCIÓN A LOS ANTECEDENTES.....	10
I.2 CLIMATOLOGÍA VALENCIANA.....	16
I.3 TIPOLOGÍA DE IMBORNALES .....	18
I.4 IMBORNAL SELECCIONADO .....	24
I.6 MATERIALES EMPLEADOS EN IMBORNALES .....	26
I.7 MÉTODOS CONSERVACIÓN DE LAS REDES DE AGUAS PLUVIALES .....	27
I.8 CAPACIDAD DE DESAGUE DE UN IMBORNAL.....	30
I.2. MOTIVACIÓN.....	33
I.3. JUSTIFICACIÓN. ....	34
<b>II. OBJETIVOS.....</b>	<b>35</b>
II.1. OBJETIVO GENERAL. ....	36
II.2. OBJETIVOS PARTICULARES.....	36
<b>III. DESARROLLO DEL TRABAJO .....</b>	<b>38</b>
III.1. DISEÑO PRELIMINAR. ....	39



III.1.1 REQUISITOS DE DISEÑO .....	39
III.1.2 DISEÑO PRELIMINAR.....	43
III.1.4 DISEÑO DEL PROTOTIPO .....	54
III.1.5 ANÁLISIS DE LOS ORIFICIOS DEL RETENEDOR .....	62
<b>III.2. NORMATIVA APLICABLE. ....</b>	<b>68</b>
<b>III.3. CÁLCULOS.....</b>	<b>69</b>
III.3.1 CÁLCULO DE DENSIDAD DE LOS RESIDUOS.....	69
III.3.2 CÁLCULOS ESTÁTICOS.....	72
<b>III.4. SELECCIÓN DE MATERIALES.....</b>	<b>85</b>
III.4.1 SEGÚN NORMATIVA .....	85
III.4.2 SEGÚN PROYECTISTA .....	85
III.4.3 MATERIAL SELECCIONADO .....	86
<b>III.5. SIMULACIÓN FEM. ....</b>	<b>92</b>
III.5.1. ESTUDIO ESTÁTICO. ....	92
III.5.2. ANÁLISIS FEM:.....	94
III.5.3. RESULTADO FINAL.....	102
<b>III.7. FABRICACIÓN.....</b>	<b>105</b>
III.7.1 SELECCIÓN DEL PROCESO DE FABRICACIÓN.....	105
III.7.2 CÁLCULOS DE FABRICACIÓN.....	108
<b>III.8. DISEÑO FINAL. ....</b>	<b>111</b>
<b>III.9. ESTUDIO ECONÓMICO. ....</b>	<b>114</b>
III.9.1 MEDICIONES.....	114
<b>IV. CONCLUSIONES.....</b>	<b>116</b>
<b>V BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>118</b>



<b>VI. APÈNDICES .....</b>	<b>121</b>
VI.1. PLANOS ACOTADOS.....	122
VI.2. NORMAS UTILIZADAS.....	123
VI. 3. LISTADO DE FIGURAS .....	124
VI.5. LISTADO DE TABLAS .....	129

# ABREVIATURAS

Kg	Kilogramo
L	Litro
cm <sup>2</sup>	Centímetro cuadrado
min	Minuto
Tn	Tonelada
mm	Milímetros
m <sup>2</sup>	Metro cuadrado
m <sup>3</sup>	Metro cúbico
MCIA	Motor de combustión interna alternativo
FEM/FEA	Finite Element Analysis
Máx	Máxima
Mín	Mínima
BP	Bolsa perforada
HV	Vickers Hardness
Temp	Temperatura
E	Módulo elástico
PVC	Policloruro de vinilo
ABS	Acrilonitrilo butadieno estireno
PS	Poliestireno
LR	Línea de referencia
Atm	Atmosférica
VM	Tensión de Von Mises



# I. INTRODUCCIÓN

# INTRODUCCIÓN

# I.1. ANTECEDENTES.

## I.1 INTRODUCCIÓN A LOS ANTECEDENTES

En los últimos 50 años, muchas personas se han trasladado a las ciudades, sobretodo de los países subdesarrollados. Es por ello que el aumento de la población en las urbes ha aumentado notablemente y consigo ha llevado a cabo nuevos problemas, entre otros, hidrológicos.

Por otra parte, en los países más desarrollados, el crecimiento de la industria desde finales del 1950 ha generado un aumento demográfico en las zonas urbanas. Esto ha llevado consigo problemas hidrológicos como inundaciones y desastres que fueron coherentes a la baja infraestructura hidráulica para la población a la que estaban calculadas.

Antes del siglo XX los cálculos hidrólogos se basaban en cálculos empíricos y basados en la aproximación, fue a principios del siglo pasado que grandes científicos comenzaron con grandes avances que se trasladaron a los sistemas de drenaje del ámbito urbano. Como la simulación por computador que empezó en la década de los cincuenta con el comienzo de las TIC.

Desde los años 1970 la modelación por ordenador se convirtió en la herramienta más común para el cálculo de los sistemas de drenaje y sumideros.

Como puede observarse en la imagen la Universidad Politécnica de Cataluña (UPC,2000) llevo a cabo el estudio de rejillas mediante cálculo computacional, del que posteriormente se hará mención.



Ilustración 1: Ensayo de los diferentes tipos de rejillas de imbornales cortesía de la universidad politècnica de Catalunya (UPC).

Es de destacar que la urbanización impacta intensamente en los medios naturales, en lo que respecta a la hidráulica, los nuevos pavimentos creados por el hombre, aumenta la impermeabilidad del sustrato, por lo que la capacidad de absorción natural de las aguas pluviales disminuye, es por ello, necesario la creación de nuevas construcciones hidráulicas para poder direccionar las aguas y prevenir a toda costa los problemas que se puedan producir.



Ilustración 2: Construcción del Río Turía ciudad de Valencia (Plan Sur 1970) cortesía de actualidad.globalomnium.com.

Además, el cambio climático debido a la gran industrialización de las últimas décadas, ha conllevado al aumento de temperatura de los ecosistemas, produciendo fenómenos cada vez más adversos, entre otros, un aumento de las lluvias torrenciales.

Se pueden resumir los impactos hidrológicos en la urbanización en los siguientes:

- La disminución de la cobertura vegetal reduce el escurrimiento total, la urbanización con los nuevos pavimentos artificiales disminuye dicha cobertura vegetal, por tanto, merma la infiltración.

- Los pavimentos, tuberías y canales conducen el escurrimiento a mayor velocidad, debido a que disminuyen las pérdidas por rozamiento en comparación que con los medios naturales, esto produce tiempos de base mayores y mayores caudales.

- La contaminación de las aguas pluviales en las urbes es un problema constante, que reducen en muchas ocasiones la sección útil de paso de los elementos receptores, produciendo obturación, un aumento de pérdidas de carga y un incremento del nivel del agua pluvial aguas arriba.

## I.1. Antecedentes

---

Aunque el agua producida por la precipitación no es totalmente escorrentía porque parte del caudal generado se pierde por diferentes procesos, tales como:

La evotranspiración y la infiltración que son los procesos más destacados, también otros factores como la velocidad del viento y la diferencia de la saturación de humedad en el aire, además de la permeabilidad del terreno, son estos los más influyentes a la hora de calcular la cantidad de caudal de las aguas pluviales.

La urbanización disminuye ambos factores, por una parte la velocidad del viento queda reducida en el interior de la ciudad respecto las partes más alejadas debido a la presencia de edificios e infraestructuras, y también la infiltración con los pavimentos artificiales.

Además, la existencia del microclima creado por las urbes aumenta la evotranspiración de las aguas pluviales, que en cierto modo, beneficia la disminución del caudal pluvial pero en un porcentaje ínfimo.

Todo ello justifica, que la urbanización aumenta la escorrentía superficial, produciéndose grandes cantidades de agua pluvial que debe ser evacuadas por los sumideros, que muchas veces no están en plenas condiciones generando inundaciones que no son de buen gusto por los habitantes de la población.

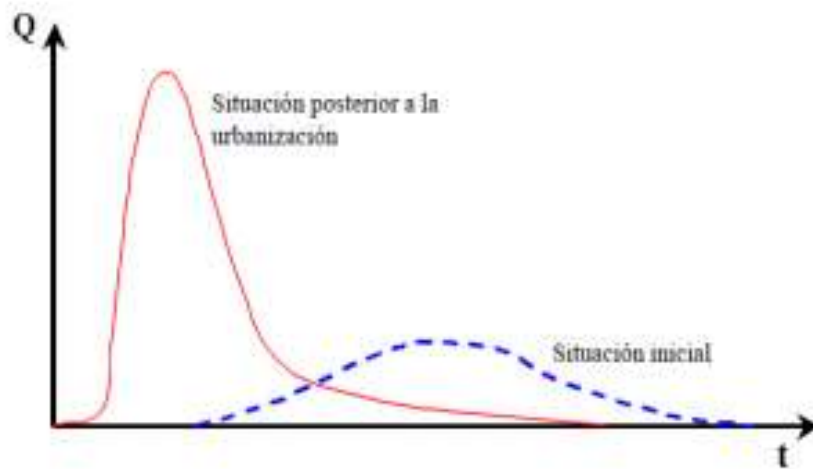


Ilustración 3: Influencia de la urbanización en el hidrograma de la lluvia. UPC Técnica para la obtención del campo de velocidad del flujo superficial en proximidad de rejillas de alcantarillado.

Todos estos factores se deben tener en cuenta en el dimensionamiento de los conductos receptores de las aguas, sin embargo, en diversas ocasiones de forma inesperada se producen inundaciones.

En cierto modo, los elementos receptores como sumideros y desagües de las calzadas, que son aquellos capaces de desalojar el caudal de la escorrentía superficial, merecen especial atención debido a que se tratan de los elementos hidráulicos que desalojan el agua más cercana a la población. Entre todos los elementos de captación superficial, será de atención en este trabajo los imbornales, que son los dispositivos que enlazan la hidrología superficial con la hidrología subterránea.



Ilustración 4: Fotografía de un imbornal sifónico cortesía de función dúctil GLS prefabricados.

Debido a la presencia en las calzadas de desechos de la población, residuos naturales y la erosión del agua, muchas veces objetos como botellas, colillas, hojas de los árboles y arena, provocan la obstrucción de los elementos receptores de las aguas pluviales, así como, los imbornales y desagües, que producen de forma directa pequeñas inundaciones generando daños socio-económicos e incomodidad a los transeúntes y ciudadanos.



Ilustración 5: Imbornal totalmente obstruido por suciedad y hojas. (C/ Castillo de Cullera, Sociópolis, Valencia)

## I.2 CLIMATOLOGÍA VALENCIANA

En Valencia las precipitaciones intensas tienen graves consecuencias, la principal característica de las precipitaciones en este lugar es su variabilidad tanto anual como en los distintos meses del año. (Antonio Rivera Nebot) señala que en los registros pluviométricos tomados durante 140 años demuestran lo dicho, existiendo valores extremos entre 1288,7 (l/m<sup>2</sup>) del año 1884 a los 183,3(l/m<sup>2</sup>) del año 1978. Dentro del año se encuentran meses muy lluviosos tales como septiembre u octubre, y meses de escasas lluvias, así como junio o julio. Según Antonio Rivera Nebo, “la ciudad de Valencia representa junto a Almería la ciudad de España donde el coeficiente de variación de la precipitación es más elevado”.

El clima de España está visiblemente justificado a la situación geográfica de la península Ibérica. Más concretamente en la C.Valenciana la cantidad de agua pluvial viene generada por los temporales de Levante, que arrastran viento húmedo del Mediterráneo (Núñez, 2007). Este factor entre otros, es en el que radia la intensidad pluviométrica mostrada en diversos episodios, donde se producen grandes cantidades de precipitación en cortos periodos de tiempo.



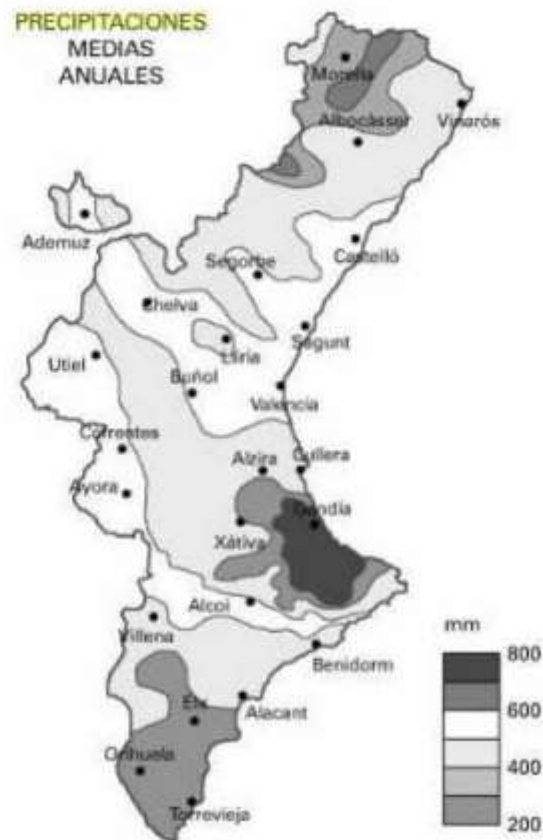


Ilustración 6: Precipitaciones medias anuales en la Comunidad Valenciana. Fuente: El espacio valenciano, síntesis geográfica.

Según el artículo Antonio Rivera Nebot: en el periodo de 1971-2000 ha habido 320 días en los que se han superado  $100 \text{ l/m}^2$  en algún observatorio de la Comunidad Valenciana, la gran mayoría corresponden a meses de Septiembre, Octubre, Noviembre y Diciembre. Más concretamente, de estos 320 días se encuentran, entre los episodios pluviométricos más destacados:

- Episodios de más de 200mm (medidos en pluviómetro manual) en 24h encontramos 59 días en los que se ha producido este fenómeno, principalmente en los meses de septiembre, noviembre y octubre.

- Para más de 300mm en 24h se han registrado 16 días concentrados en meses otoñales.

## I.1. Antecedentes

---

Es cierto que hay una estacionalidad en cuanto a las lluvias torrenciales, si se estudia los registros históricos en la ciudad de Valencia en torno del 50% al 60% se dan en Octubre y el 25% al 30% en Septiembre y entorno del 10% al 15% en Noviembre y no hay prácticamente registros fuera de estos meses.

Resumiendo, las lluvias torrenciales son frecuentes en la C.Valenciana sobretodo en los meses otoñales, la urbanización que reduce procesos naturales como la infiltración, que produce un aumento de la escorrentía superficial, esta debe ser desalojada por elementos receptores de caudal pluvial, la falta de mantenimiento y la incapacidad de realizar el mismo en un corto periodo de tiempo debido a los caudales punta, aumenta aún más la probabilidad de pequeñas inundaciones, que se reducen a gastos extraordinarios por parte de los ayuntamientos, además de una reducción de calidad de vida del ciudadano.

## I.3 TIPOLOGÍA DE IMBORNALES

En lo que respecta a la tipología imbornales, hoy en día existen gran variedad de imbornales en España. Esto es debido a la existencia de diferentes aplicaciones, tipos de calzada y caudales de desagüe diferentes, los tipos de imbornales fabricados son muy variados.

Existen diferentes según su disposición en la calzada, caudal y dependiendo de la presencia o ausencia de material en suspensión.

### I.3.1 SEGÚN MORFOLOGÍA

De entre todos ellos se puede hacer la siguiente clasificación:

**-Imbornal rejilla:** Suele ser el más empleado en España sobre todo en las zonas más urbanizadas, se suele emplear para retener los sólidos en suspensión, aunque muchos de ellos no quedan retenidos en la rejilla por lo que es necesario realizar un mantenimiento frecuente.



Ilustración 7: Imbornal C-250 de rejillas cortesía de grupo Fábregas.

**-Imbornal buzón:** Tiene la capacidad de trasegar mayor caudal que el anterior y eliminar los sólidos en suspensión, pero sólo son eficientes cuando la escorrentía circula en dirección transversal a la calzada, por lo que sólo es recomendable su uso cuando la pendiente de la calzada es mínima, menor al 3%.



Ilustración 8: Imbornal tipo buzón cortesía de GLS prefabricados.

**-Imbornal mixto:** Tiene las ventajas de los dos imbornales anteriores, se suelen combinar también en serie, el inconveniente principal es su elevado coste de construcción.



Ilustración 9: Imbornal tipo mixto cortesía de pamline

**-Imbornal caz:** Este tipo suele ser eficaz en calzadas anchas pero donde no predomine la suciedad y sólidos en suspensión, debido a que se obstruyen con facilidad.

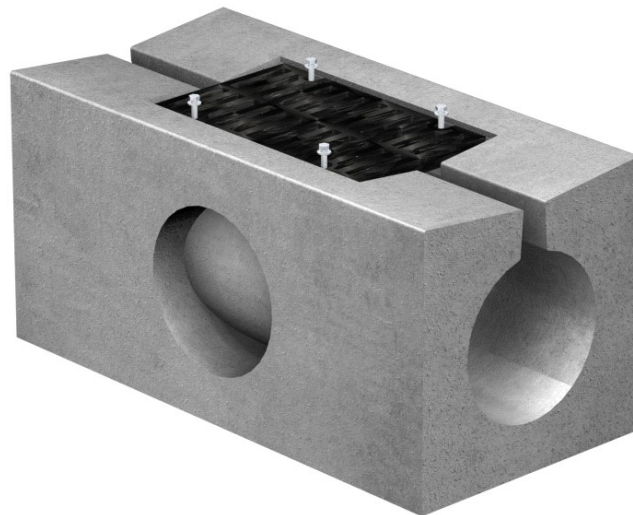


Ilustración 10: Imbornal de caz cortesía de GLS prefabricados

### 1.3.2 SEGÚN NORMATIVA

Paralelamente, se puede realizar la clasificación según la normativa vigente:

Según la normativa “EN 124-1:2015 Dispositivos de cubrimiento y de cierre para zonas de circulación utilizadas por peatones y vehículos. Parte 1: Definiciones, clasificación, principios generales de diseño, requisitos de comportamiento y métodos de ensayo”.

Distingue una clasificación según el lugar de instalación de los diferentes dispositivos de cierre o de cubrimiento.

La clase apropiada de un dispositivo de cierre o de cubrimiento a utilizar depende del lugar de instalación. Los distintos lugares de instalación han sido divididos en grupos numerados del 1 al 6, como se indica a continuación. La figura 5 y la figura 6 muestran la localización de algunos de estos grupos en el entorno de una carretera. La clase mínima recomendada para uso en cada grupo se muestra en paréntesis. La selección de la clase apropiada y el material es responsabilidad de la empresa especificadora. Cuando exista alguna duda, debería seleccionarse la clase más resistente.

La misma norma distingue una clasificación dependiendo de la localización del dispositivo receptor de las aguas pluviales, entre ellos:

Grupo 1 (al menos clase A15): Áreas que sólo pueden ser utilizadas por peatones y ciclistas.

Grupo 2 (al menos clase B 125): Áreas peatonales y áreas similares, áreas de estacionamiento o aparcamiento para coches de varios pisos.

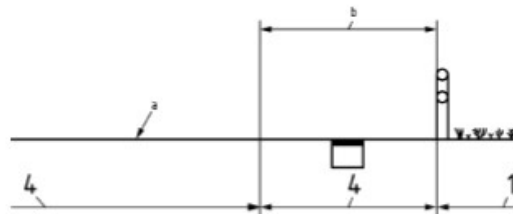
Grupo 3 (al menos clase C250): Para dispositivos de cubrimiento, instalados en el área de cunetas de los arcenes de carreteras (véase la figura 5) que, cuando se miden desde el extremo del bordillo de la acera, se extiende un máximo de 0,5m sobre la calzada y un máximo de 0,2m sobre el área peatonal.

## I.1. Antecedentes

Grupo 4 (al menos clase D400): Calzadas de carreteras (incluyendo las calles peatonales), arcenes estabilizados (véase la figura 6) y áreas de aparcamiento, para todo tipo de vehículos.

Grupo 5 (al menos clase E 600): Áreas por las que circulan vehículos de gran tonelaje, por ejemplo, muelles, pavimentos de aeropuertos.

Grupo 6 (clase F 900): Áreas por las que particularmente circulan vehículos de gran tonelaje, por ejemplo, pavimentos de aeropuertos.

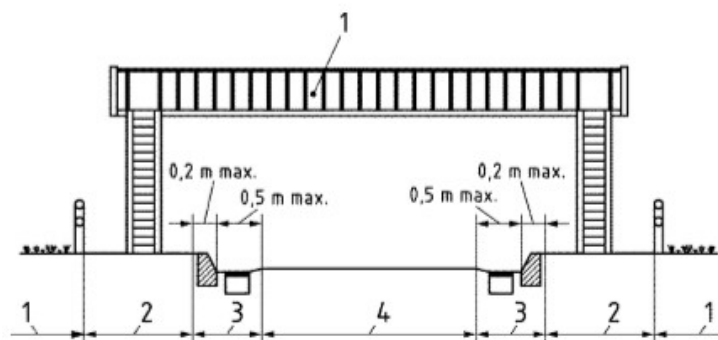


Leyenda

1	Grupo 1
4	Grupo 4
a	Calzada de vehículos
b	Arcén estabilizado

**Figura 6 – Detalle típico de un arcén estabilizado mostrando la colocación de los grupos**

NOTA 2 En el anexo F se dan recomendaciones para la instalación.



Leyenda

1	Grupo 1
2	Grupo 2
3	Grupo 3
4	Grupo 4

**Figura 5 – Sección transversal típica de calzada de carretera mostrando la colocación de los grupos**

### 1.3.3 SEGÚN FABRICANTE

En España existen diferentes fabricantes encargados de fabricar imbornales y dispositivos receptores de las aguas pluviales. Según el buscador de empresas del periódico el *ElEconomista* existen alrededor de 77 empresas relacionadas con las arquetas e imbornales, ya sea fabricación, construcción y ejecución o mantenimiento de las mismas.

Dentro de todas ellas, se pueden diferenciar los fabricantes de imbornales más importantes:



Ilustración 11: Benito Urban

Benito Urban se trata de un fabricante centenario de forja y fundición, ahora es una empresa líder internacionalmente en equipamiento urbano con ventas en más de 50 países. Benito Urban controla todo el proceso productivo desde el diseño, fabricación, distribución y venta. Esta empresa ha registrado más de 500 patentes, por tanto, se trata de una de las empresas más innovadores en lo que respecta al equipamiento urbano.



Ilustración 12. Fundición dúctil Fábregas

Se trata de una empresa internacional fundada en 1917, por tanto es una empresa de fundición con una antigüedad centenaria. Grupo Fábregas está formada por otras 4 empresas que se dedican al mobiliario urbano, fabricación de tapas, redes de

## I.1. Antecedentes

saneamiento, fabricación de imbornales y tapas telefónicas, y también se dedica a la fabricación de prefabricados de hormigón. Fábregas es una gran empresa que fabrica tanto en Valencia como en Barcelona, por ello, se trata de uno de los fabricantes que más presencia tiene en el país.



Ilustración 13. GLS prefabricados

GLS prefabricados es una empresa presente en toda la península ibérica, Islas Baleares y Canarias, Andorra y Francia, encargada de la producción de elementos prefabricados para la obra pública, pavimentación, riegos y saneamientos destinados para la vía pública.

## I.4 IMBORNAL SELECCIONADO

Debido a la gran diversidad de imbornales existentes en la actualidad y las diferentes aplicaciones para cada uno de ellos, se ha decidido por aquellos que se encuentren más cerca de las urbes y de la población. Es por ello, que se han descartado directamente los dos últimos grupos de la clasificación por normativa, es decir, grupo 5 (E600) y grupo 6 (F900) que son los presentes en aeropuertos y puertos navales o donde circulen vehículos de gran tonelaje.

Por otra parte, y queriendo abarcar la mayor cantidad de imbornales presentes en las ciudades, se ha descartado también realizar el diseño del retenedor para los grupos 1 y 2, es decir, para el tipo A15 y B125 respectivamente. Debido a que estos solo se emplean únicamente zonas peatonales y ciclistas y áreas de aparcamiento de varias plantas para vehículos.



## I.1. Antecedentes

De los dos últimos grupos restantes, se descarta el grupo 4 (D400) debido a únicamente se emplean en las calzadas de carretera, arcenes estabilizadores y áreas de aparcamiento. Por todo ello, se centrará el trabajo en el desarrollo del diseño del retenedor para imbornales de tipo grupo 3 (C250), se trata pues, de los imbornales localizados en la cuneta proxima al bordillo o arcenes de carretera, que cuando se miden desde el extremo del bordillo de la acera, se extienden un máximo de 0,5m sobre la calzada y un máximo de 0,2 sobre la acera, se selecciona dentro de los de este tipo, los imbornales de tipo rejilla que suelen ser los más empleados, y que con mayor frecuencia se obstruyen.



Ilustración 14: Imbornal C-250 cortesía de fundiciones Benito.

Como es evidente, cada tipo de imbornal C-250 de rejilla tendrá diferente capacidad hidráulica además de otras características. También es cierto que depende de otros factores ajenos al diseño como la pendiente longitudinal y transversal de la calle.

De todos los tipos de imbornales C-250 fabricados de tipo rejilla, no todos coinciden con sus dimensiones, es por ello, que se deberá atender en el diseño del retenedor, las diferentes dimensiones de los imbornales C-250, teniendo en cuenta la

## I.1. Antecedentes

facilidad para adaptarse a los diferentes tipos y considerando siempre la sencillez en la limpieza del mismo.

## I.6 MATERIALES EMPLEADOS EN IMBORNALES

Aunque en lo que respecta al proyecto no es la fabricación en sí de un imbornal, el recolector debe ser compatible con el mismo. Es por ello que es de interés conocer que materiales se utilizan. Los fabricantes de imbornales emplean generalmente hormigón prefabricado o bien, la construcción del imbornal es in situ fabricado con ladrillo, aunque esta última, cada vez es menos utilizada. Hoy en día, hay más tendencia de la fabricación del imbornal de hormigón prefabricado, aunque también, actualmente los últimos modelos que empiezan a incorporar algunas marcas, están fabricados de plástico incluyendo la rejilla superior de fundición de acero dúctil, facilitando la tarea de instalación y reduciendo los costes que supone.



Ilustración 15. Ejecución en obra de un imbornal C-250 cortesía de [BoscoHurtado.blogspot.com](http://BoscoHurtado.blogspot.com)

## I.1. Antecedentes

Aunque no son relevantes a este proyecto, hay una empresa de Colombia, Maderplast S.A que empieza a incluir en imbornales y tapas de alcantarillado el PVC reciclado, proponiendo una alternativa para reciclar plástico, que cada vez es más consumido.



Ilustración 16: Imbornal con tapa plástica de PVC cortesía de Maderplast S.A

## I.7 MÉTODOS CONSERVACIÓN DE LAS REDES DE AGUAS PLUVIALES

Para garantizar un funcionamiento adecuado de las redes de aguas pluviales es necesario realizar un mantenimiento como la reparación, limpieza, renovación y control del alcantarillado. Los imbornales requieren de cómo mínimo su limpieza de una vez por año, esto produce un coste bastante elevado por parte del ayuntamiento, debido que, para dicha tarea se requiere empresas especializadas en dicho oficio.

Aunque es cierto que la escorrentía superficial produce una limpieza natural, no siempre es suficiente para mantener los dispositivos en condiciones de funcionamiento óptimo.

Generalmente, muchos de los ayuntamientos hacen uso del mantenimiento correctivo, es decir, realizan una limpieza no programada de los imbornales cuando

## I.1. Antecedentes

estos se encuentran totalmente obstruidos o cuando se producen pequeñas inundaciones, no siendo esta manera la más eficiente.

Para la limpieza de los imbornales existen distintos sistemas entre los que se destacan:

**Limpieza manual por arrastre y extracción posterior:** Se basa en arrastrar mediante herramientas especializadas al pozo de registro más cercano al imbornal para posteriormente extraer los sedimentos.

**Limpieza hidrodinámica:** Se basa en incidir con agua a presión sobre los sedimentos y materiales arrastrados por la escorrentía superficial. Se procede de una manera similar a la anterior donde finalmente se extraen los residuos en los pozos de registro próximos a los elementos receptores.

Generalmente este proceso necesita de un camión cisterna con una bomba de alta presión, además de ello, requiere de mangueras especiales, toberas, lanzas y boquillas.



Ilustración 17: Operario realizando limpieza hidrodinámica con camión cisterna. Cortesía de ayuntamiento de Paradas

**Con vehículo impulsor-aspirador:** Vendría a ser similar a la limpieza hidrodinámica, difiere en que los residuos son aspirados mediante un equipo aspirador,

## I.1. Antecedentes

suele ser un aspirador industrial o una bomba sumergible accionada por MCI A o motor hidráulico.

El vehículo dispone de dos depósitos uno para el agua que será impulsada a alta presión y otro que se va llenando de los sedimentos recogidos.

Se trata del sistema más eficaz pues imposibilita atascamientos de las tuberías aguas abajo.



Ilustración 18: Operarios efectuando la labor de limpieza de imbornales mediante sistema impulsor-aspirador. Ayuntamiento de Marbella.

**Limpieza tradicional:** Se trata del sistema más utilizado que se basa en un equipo de operarios especializados y un camión de recogida de sedimentos, mediante el empleo de cucharas y palas para dicha operación se retiran los residuos de los sumideros y se vierte sobre el vehículo recogedor, posteriormente los residuos son destinados a los vertederos correspondientes.



Ilustración 19: Operarios realizando la limpieza del imbornal de forma tradicional. Cortesía de ayuntamiento de Benacazon.

## I.8 CAPACIDAD DE DESAGUE DE UN IMBORNAL

Aunque el trabajo planteado no trate del diseño de un imbornal en sí, es importante conocer los principales factores que se tienen en cuenta para el dimensionamiento del mismo, de esta forma, la colocación del retenedor de residuos evitará en la medida de lo posible, modificar sus características hidráulicas.

En cuanto al diseño del retenedor, los dos parámetros principales más influyentes en la escorrentía superficial, son el calado y la velocidad de circulación máxima, además del criterio de vuelco y deslizamiento. Dependiendo de la orientación de la calzada y de la intensidad de precipitación de la zona se obtienen unos valores admisibles, que no deben ser superados.

Lo que respecta a la capacidad de desagüe de los imbornales está relacionada con:

- 1- Dimensiones de la arqueta.
- 2- Diseño de la rejilla y área útil de la misma.
- 3- Diámetro del albañal que conecta con la red subterránea.
- 4- Estado de limpieza y mantenimiento.

## I.1. Antecedentes

---

De todos estos puntos, el último, es un problema que sigue existiendo. La falta de mantenimiento en los elementos receptores, produce la obturación de los mismos generando daños y riesgos en los peatones y vehículos, para solventar este problema se propone una solución mediante el diseño de un retenedor de desechos de la vía urbana, adaptado a los imbornales de rejilla de tipo C-250 (Definición según norma UNE-124), que son aquellos que más se emplean en las calzadas urbanas.

Debido a que no es factible reemplazar todos los imbornales de rejilla, por otro que tenga menor capacidad de obstrucción, se plantea el diseño de un retenedor que pueda ser incorporado a los imbornales C-250 ya presentes y de distintas dimensiones y fabricantes.

De esta forma, se mejoraría la distribución del agua a las redes subterráneas, la limpieza en las tuberías de las aguas pluviales, y en las depuradoras, mejorando el funcionamiento y manteniendo la integridad de los sistemas de bombeo de las aguas pluviales.

Por tanto, se trata de un elemento que debe evacuar el mayor caudal de agua posible de la superficie, a la red de aguas pluviales subterráneas. En España, muchos estudios demuestran que el diseño de los imbornales por parte de los fabricantes, parece tener una finalidad más estética que funcional, de todas formas y debido a que este problema no es objeto de este proyecto, se mantendrá el diseño que proponen los fabricantes. Aunque muchos de los fabricantes garanticen que sus imbornales son anti-obstrucción; debido a la incorporación de superficies con relieves. Permiten aun así, la circulación de los residuos que arrastra la escorrentía a los sumideros, provocando obstrucción y suponiendo una problemática para la población, además de un sobrecoste para los ayuntamientos.

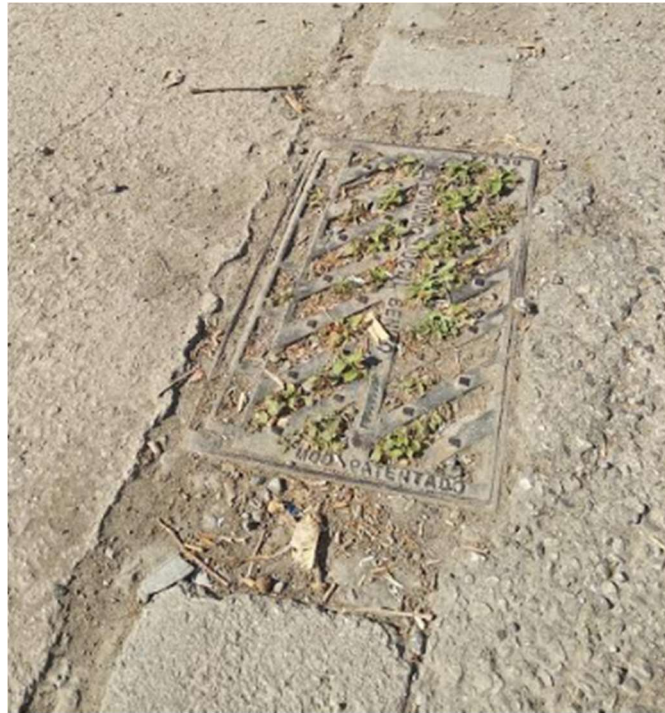


Ilustración 20: Imbornal totalmente obstruido debido a la falta de mantenimiento (Polígono industrial la mina, Paiporta).

Como demuestran diversos trabajos que se han desarrollado para estudiar la distancia entre imbornales, la obturación del imbornal que funciona al 50% de su capacidad hidráulica debido a la presencia de residuos en el mismo, supone una reducción de la mitad de distancia entre imbornales, debido a que resulta imposible reducir esta distancia, el mantenimiento es un factor crucial para su capacidad de desagüe. Lo que se pretende en el presente trabajo, es evitar a toda costa el atascamiento de los elementos de captación superficial, y facilitar la tarea de mantenimiento, reduciendo también, entre otras cosas, el coste de mantenimiento a corto plazo y el tiempo requerido en la limpieza de cada imbornal.



# I.2. MOTIVACIÓN.

La principal motivación para la realización del trabajo propuesto, es presentar una solución a la problemática existente en la ciudad de Valencia que debido a su llanitud, los residuos presentes en las calles tales como botellas, papeles, hojas de los árboles ect. son arrastrados por el caudal pluvial hacia los imbornales y sumideros de las calles. Además, la climatología particular de esta ciudad, donde son frecuentes lluvias torrenciales acompañado de la falta de mantenimiento por parte de los ayuntamientos, conjunta con el descuido de los transeúntes al arrojar sus residuos al suelo, produce que los imbornales se llenen de suciedad, disminuyendo gravemente su capacidad de desagüe.

La suma de estas problemáticas produce una sinergia devastadora, pues la incapacidad de los imbornales a trasegar el caudal pluvial y orografía de la ciudad, son la clave para que se produzcan pequeñas inundaciones que conllevan colateralmente a daños socio-económicos para los ciudadanos.

Se pretende con la redacción del trabajo, encontrar una solución incorporando a los imbornales de la ciudad, un sistema de recolección de residuos a los imbornales de tipo C-250 de rejilla presentes, para mejorar de esta forma, el flujo del agua pluvial hacia la red de saneamiento. De todas formas, seguirá siendo responsabilidad del operario de limpieza, el mantenimiento de los mismos.

## I.3. JUSTIFICACIÓN.

Existen diferentes argumentos por los que se plantea la incorporación del recolector de residuos en los imbornales presentes en las poblaciones urbanas:

-Solucionaría un problema presente hoy en día, que produce insatisfacción por parte de los ciudadanos.

-Mejoraría la calidad de vida de las personas alojadas en la población.

-Mejoraría la filtración de residuos en suspensión de las aguas, eliminando el atascamiento de la red de saneamiento y alargando notablemente la vida de las bombas encargadas de transportar las aguas pluviales.

-Mejoraría la circulación del tráfico y de los transeúntes, reduciendo en cierto modo los factores de riesgo.

-Eliminaría los residuos en suspensión que arrastran las aguas pluviales, reduciendo la contaminación de las mismas.

-Las calzadas españolas estarían más limpias.

-Se reduciría el tiempo de limpieza de los imbornales.

-Da conciencia a la población de que el problema del atascamiento de los sumideros es, entre otras cosas debido a los residuos arrojados a la vía pública.

-Se evitarían daños socio-económicos derivados de las pequeñas inundaciones.

-El método de mantenimiento tradicional de imbornales quedaría obsoleto, no siendo necesario ningún instrumento especializado en la limpieza de los mismo (camión cuba y agua a presión, palas y cucharas especializadas en su limpieza) ni tampoco la presencia de personal especializado en la materia, por tanto, se reduciría a corto y medio plazo los costes de la limpieza de los imbornales.



## **II. OBJETIVOS**

# OBJETIVOS

### II.1. OBJETIVO GENERAL.

Con este trabajo se pretende alcanzar, el diseño de un recolector de residuos sólidos en suspensión de las aguas pluviales recogidas por los imbornales C-250 de tipo rejilla. El diseño que se alcance, debe de dar solución a las pequeñas inundaciones que se producen debido a la obstrucción de estos dispositivos receptores de escorrentía superficial. Para el diseño finalmente obtenido se deberá seleccionar el material más idóneo para la aplicación y el proceso de fabricación más adecuado. Todo ello, respetando la normativa nacional vigente y sin modificar en la medida de lo posible las características hidráulicas del sumidero.

### II.2. OBJETIVOS PARTICULARES.

-El diseño debe de permitir recoger los sólidos en suspensión mayores a 10mm, debe ser capaz de trasegar al menos el mismo caudal que es capaz de trasegar la rejilla del imbornal. Además, cuando el recolector de residuos se encuentre lleno debe ser capaz de desaguar el agua.

-El material seleccionado para la aplicación debe ser compatible e inerte con el agua, no pudiendo contaminar ni alterar de ninguna manera el agua pluvial.

-El diseño del recolector debe poderse adaptar a los imbornales del tipo C250 de rejilla, localizados en la cuneta proxima al bordillo o arcenes de carretera, que cuando se miden desde el extremo del bordillo de la acera, se extienden un máximo de 0,5m sobre la calzada y un máximo de 0,2 sobre la acera.

-El proceso fabricación que se seleccione debe ser coherente con el diseño del modelo y el material seleccionado, además de tener siempre en cuenta el coste.

-El precio unitario del retenedor de residuos deberá ser inferior a 5€/unidad.

## II Objetivos

---

-Será preciso realizar un estudio por elementos finitos (FEM) para reducir la sección del dispositivo y así, reducir los costes de fabricación y reducir sobredimensionamientos.

-El diseño tendrá en cuenta el aspecto ergonómico para efectuar la limpieza de desechos del retenedor de residuos. Por ello, debe limitarse la masa del retenedor lleno de residuos a un máximo de 20kg, teniendo en cuenta una densidad aproximada de residuos que deberá ser justificada.

-El material seleccionado debe tener cierta dureza y rigidez, debido a la presencia de roedores en el alcantarillado que puede limitar el funcionamiento óptimo del dispositivo.



# **III. DESARROLLO DEL TRABAJO**

## **DESARROLLO DEL TRABAJO**

# III.1. DISEÑO PRELIMINAR.

## III.1.1 REQUISITOS DE DISEÑO

Se distinguen dos tipos de requisitos de diseño, por una parte el colador de residuos no debe contradecir a lo que respecta a la normativa nacional de los imbornales y por otra, el diseño del recolector de residuos dispondrá de unos requisitos necesarios justificados por el proyectista para cumplir su función en los sumideros ya existentes.

### III.1.1.1 Requisitos según normativa:

Según la normativa EN 124-1:2015; "Dispositivos de cubrimiento y de cierre para zonas de circulación utilizadas por peatones y vehículos. Parte 1: Definiciones, clasificación, principios generales de diseño, requisitos de comportamiento y métodos de ensayo".

**Holgura:** La holgura total depende de la cota de paso.

- 1) Cota de paso  $CP \leq 400\text{mm}$ :  $\sum a \leq 7\text{mm}$
- 2) Cota de paso  $CP \geq 400\text{mm}$ :  $\sum a \leq 9\text{mm}$

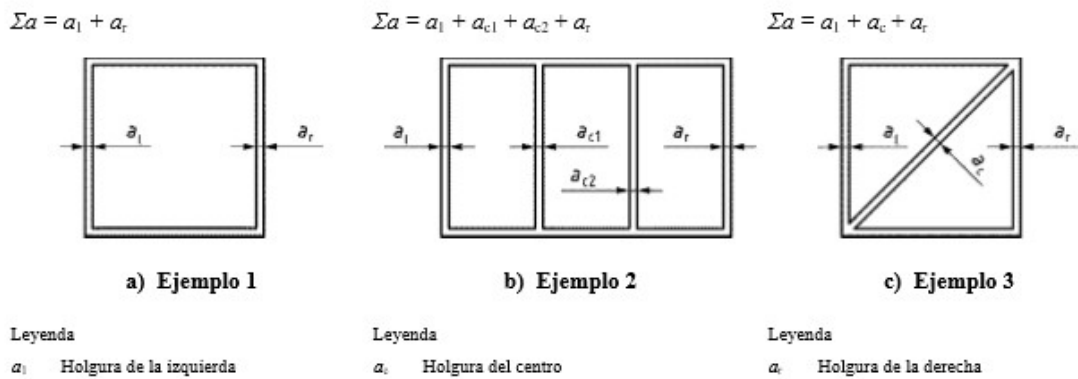


Figura 2 – Ejemplos para la determinación de la holgura total

Ilustración 21. Ilustración extraída de la norma EN-124-1:2015

## III.1. Diseño preliminar

---

Debido a que el imbornal seleccionado de grupo 3 (C250) no supera la cota de paso de 400mm. Y sabiendo que la holgura es inferior o igual a 7mm se podrá aprovechar esa tolerancia para asegurar el retenedor a la rejilla.

La holgura entre las tapas o rejillas deben medirse con una exactitud de 0,5mm y deben calcularse la holgura total.

Por tanto, el espesor máx. que se tendrá entre el marco y la rejilla será de  $7\pm 5$ mm.

**Compatibilidad de los asientos:** Los dispositivos de cubrimiento y de cierre de todas las clases deben ser de tal forma que aseguren la compatibilidad de sus asientos respectivos. Por lo tanto, el diseño del retenedor incorporado a un imbornal no puede alterar dicha compatibilidad.

La compatibilidad debe inspeccionarse de acuerdo con la especificación del fabricante.

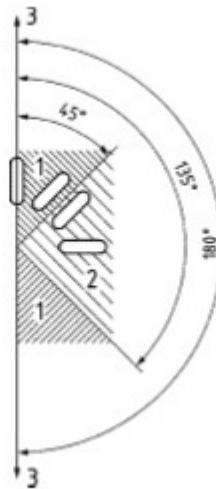
**Manipulación de las tapas y rejillas:** Deben adoptarse todas las disposiciones necesarias para que el desprendimiento efectivo y para que la apertura de las tapas y rejillas, sea por medio de las herramientas habituales. Por tanto, el diseño del retenedor debe permitir la apertura de las tapas y rejillas de la forma habitual, como es lógico para efectuar la retirada de residuos.

### **Dimensión de las ranuras de las rejillas:**

-Área de desagüe: Las dimensiones de las rejillas o ranura deben seleccionarse dependiendo de la capacidad hidráulica. El área de desagüe no debe ser menor del 30% de la apertura libre y debe proporcionarse por el fabricante. Por tanto, el diseño del retenedor no debe desaguar al menos el 30% del área libre.

-Dimensiones de las ranuras:





- Legenda
- 1 Orientación posición 1
  - 2 Orientación posición 2
  - 3 Dirección del tráfico

Figura 8 – Orientación de las ranuras en las rejillas

Tabla 3 – Medidas de las ranuras

Aberturas		Clase	Anchura <sup>2</sup> (mm)	Longitud (mm)	
Ranuras rectas	Orientación de acuerdo con la figura 8	Posición 1 y posición 2	A 15 y B 125	8 a 18	Sin limitación
			>18 a 25	≤ 170	
	Posición 1	C 250 a F 900	16 a 32	≤ 170	
		Posición 2	C 250	16 a 42	Sin limitación
	D 400 a F 900		18 a 42	Sin limitación	
Ranuras en otras formas	Las ranuras en otras formas no pueden exceder una anchura de 25 mm para las clases A 15 y B 125 y una anchura de 42 mm para las clases C 250 a F 900. Deben diseñarse de forma que se evite que los 170 mm de longitud del medidor pasen a través de la ranura. El medidor debe mantenerse de forma vertical con su extremo de 170 mm paralelo a la superficie de la rejilla.				
<sup>2</sup> En las áreas peatonales y/o calles peatonales, está permitida una reducción de la anchura de la ranura de 5 mm.					

Ilustración 22. Ilustración extraída de la norma EN-124-1:2015

El área superficial de desagüe debe calcularse con una aproximación de 100mm<sup>2</sup>.

**Cesta y colador para la suciedad:** Deben diseñarse para asegurar que el drenaje y la ventilación, el sumidero puede continuar funcionando cuando las cestas o los coladores para la suciedad estén llenos.

## III.1. Diseño preliminar

---

**Planicidad de las tapas y de las rejillas:** Deben permanecer en planitud con una tolerancia del 1% de la cota de paso con un máximo de 6mm. La planicidad debe medirse con una exactitud de 0,5mm.

**Dispositivo de cierre:** Los dispositivos de cierre deben diseñarse frente a un levantamiento accidental como consecuencia de la presión del agua.

**Área de apoyo del marco:** Debe diseñarse de tal forma que la presión de soporte  $P_b$  en base a la carga de ensayo  $F_t$  no exceda  $7,5N/mm^2$  para contribuir a la estabilidad bajo condiciones de trabajo.

**Ángulo de apertura de las tapas/rejillas articuladas:** El ángulo de apertura debe ser, al menos de  $100^\circ$  con la horizontal a menos que se indique otra cosa.

**Apariencia:** Los dispositivos de cubrimiento y de cierre deben estar libres de defectos visibles que pudieran perjudicar a su aptitud al uso, o que puedan producir riesgos a los transeuntes o vehículos rodados.

**Seguridad infantil:** No debe facilitar la capacidad de las rejillas a ser retiradas por niños.

### III.1.1.2 Requisitos según el proyectista:

El proyectista ha considerado para el diseño del recolector los siguientes condicionantes:

-Debe respetar ante todo la normativa vigente Española.

-El peso del dispositivo (retenedor lleno de residuos) debe ser menor a 20kg. Debido a que el dispositivo debe garantizar la ergonomía del operario durante el proceso de limpieza del imbornal, reduciendo de esta forma la carga muscoesquelética en la zona lumbar, además, de aminorar la fatiga del trabajo y reducir las lesiones derivadas de este.

## III.1. Diseño preliminar

---

- El retenedor de residuos dispondrá de asas para poder extraer la suciedad recolectada, en el caso de que esto no pueda ser posible, se tendrá en cuenta la facilidad de extracción del dispositivo del imbornal.

-No debe reducir la capacidad de desagüe del imbornal. La sección útil del dispositivo debe ser de al menos igual a la sección de la rejilla del imbornal seleccionado. En el caso de que el recolector de residuos se presente totalmente lleno debe ser capaz de trasegar el 30% de la sección rectangular de la rejilla.

-El retenedor de residuos, debe poder ser incorporado en el imbornal tipo C-250 de rejilla más pequeño y en el de mayor tamaño de tipo C-250 de rejilla. Por tanto, el dispositivo será versátil y podrá ajustarse a distintos tamaños de los fabricantes.

-Las tolerancias dimensionales del dispositivo deberán ser inferiores a las dadas por los fabricantes entre el marco del imbornal y la rejilla. Se planteará una tolerancia dimensional inicial de  $\pm 3\text{mm}$ .

### III.1.2 DISEÑO PRELIMINAR

Llegados a este punto, es preciso estudiar las diferentes posibilidades para realizar el diseño del recolector de residuos. Se puede atender a diferentes posibilidades que se pensaron desde un inicio:

**-Croquis1: Bolsa perforada** Se trataría de una bolsa especial con diferentes tamaños de troquelado de orificios como especie de retenedor para poder recoger los residuos sólidos presentes en las aguas pluviales.

Teniendo un aspecto parecido al que se observa en el croquis:



Ilustración 23: Croquis isométrico del retenedor de residuos tipo bolsa perforada

**-Croquis2: Cesta** Se trataría de una cesta con unos labios exteriores en forma de láminas pudiéndose adaptar a los diferentes modelos de los distintos fabricantes de imbornales presentes en España.

Tiendo un aspecto similar al que se observa en el croquis:



Ilustración 24: Croquis isométrico del retenedor de residuos tipo cesta

**-Croquis3: Colador** Se trataría de un diseño parecido al de un colador doméstico incorporado a los imbornales de tipo C250.



Ilustración 25: Croquis isométrico del retenedor de residuos tipo colador

## **III.1. Diseño preliminar**

---

De las tres ideas conceptuales anteriores, se plantea la alternativa más adecuada atendiendo a los requisitos de diseño redactados, tanto los especificados por la norma como los impuestos por el proyectista.

### **-Croquis1: Bolsa perforada**

#### Ventajas:

-Se trataría de un diseño sencillo, de poca complejidad y gran versatilidad debido a que podría adaptarse a los diferentes tipos de imbornales presentes, no siendo únicamente los del tipo C250 planteado originalmente. Pudiéndose extrapolar la idea a los otros tipos. El peso reducido del dispositivo daría cierta facilidad ergonómica al operario en la limpieza. El coste de fabricación sería reducido.

#### Inconvenientes:

-Incapacidad de desaguar el agua cuando el dispositivo se encuentre lleno de residuos, facilidad de corte y rotura, dejando sin ninguna función el retenedor. Posibilidad de retorcerse y reducir la capacidad de desagüe del imbornal. Poca ventilación del imbornal.

### **-Croquis2: Cesta**

#### Ventajas:

-Se trataría de un dispositivo en forma de cesta con unas pestañas de poco espesor que permitiría asentar sobre el marco de la rejilla del imbornal y de esta forma acoplarse a las diferentes medidas de los imbornales C-250. Tendría versatilidad a la hora de adaptarse a los diferentes tipos de imbornales, capacidad de desagüe y ventilación adecuada, mayor dificultad al corte y rotura, y el diseño contará con unas aperturas adecuadas para cuando el dispositivo se encuentre lleno de residuos permita desaguar al menos una cantidad de agua para que el imbornal siga funcionando.

Inconvenientes:

-Mayor complejidad de diseño, mayor coste de fabricación, mayor peso del dispositivo.

**-Croquis3-Colador:**

Ventajas:

-Se trataría de un dispositivo adaptado a cada tipo de imbornal dependiendo del fabricante y modelo, con una rejilla de tipo metálica. Además su forma redondeada facilitará en cierta medida la limpieza del mismo. También otras ventajas serían, su gran resistencia y durabilidad, mayor dificultad al corte y la rotura. Se trataría del tipo de retenedor propuesto más duradero.

Inconvenientes:

-Menor versatilidad en la adaptación del dispositivo a los diferentes tipos de imbornales. Mayor peso del dispositivo y mayor coste de fabricación.

Finalmente, se ha decidido plantear un diseño híbrido de los tres anteriores de forma que, adquiera las ventajas y minimice los inconvenientes. Tendrá una forma parecida a la que se muestra en el siguiente croquis.

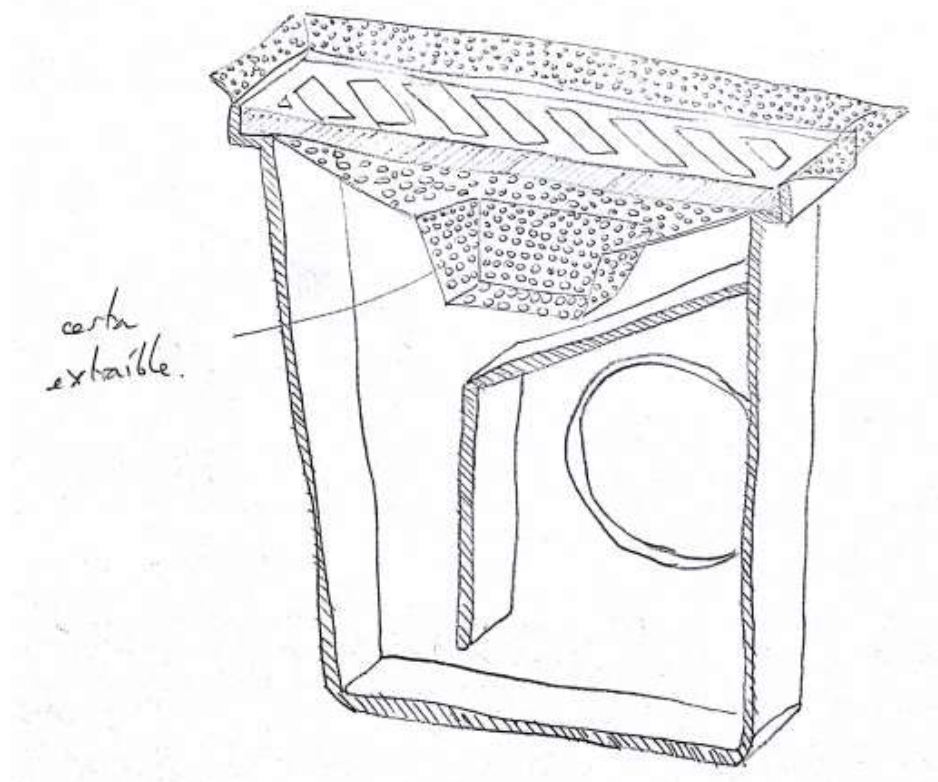


Ilustración 26: Croquis isométrico del retenedor de residuos final.

Se tratará de un dispositivo en forma de cesta donde se alojen los residuos ya filtrados, pero con una bolsa perforada a su alrededor de esta manera, el dispositivo adquiere la ventaja principal de la bolsa perforada, que es la permitir adaptarse a los distintos imbornales y no solo los de tipo C-250 planteados originariamente, pudiéndose extrapolar a los demás tipos. Además, por otra parte, la ventaja de la cesta, adquiriendo mayor ventilación del imbornal, y mejor resistencia a la rotura y corte. También el dispositivo permite desaguar el agua pluvial cuando se encuentre lleno mediante los orificios de la bolsa perforada. Considerando este diseño como el óptimo y mejor adaptado a las necesidades planteadas.



## III.1. Diseño preliminar

### III.1.2.1 REQUISITOS DIMENSIONALES

#### III.1.3.1 DIMENSIÓN EN SUPERFICIE

Analizando los imbornales de rejilla tipo C-250 que ofrecen cada una de los de los tres principales fabricantes de imbornales de España, se obtienen las siguientes tablas. Correspondientes a Benito Urban, Grupo Fabregas y GLS prefabricados.

Para hacer un análisis más real, se reflejaran las dimensión de todos los fabricantes al croquis proporcionado por Benito Urban (Ilustración 27), de esta forma se tienen datos objetivos y comparativos, ya que las dimensiones están basadas con la misma acotación.

En las siguientes tablas, se rotulan en rojo como las dimensiones máximas y en verde como las dimensiones mínimas de las diferentes medidas del croquis para los 3 tipos de fabricantes más importante en España.

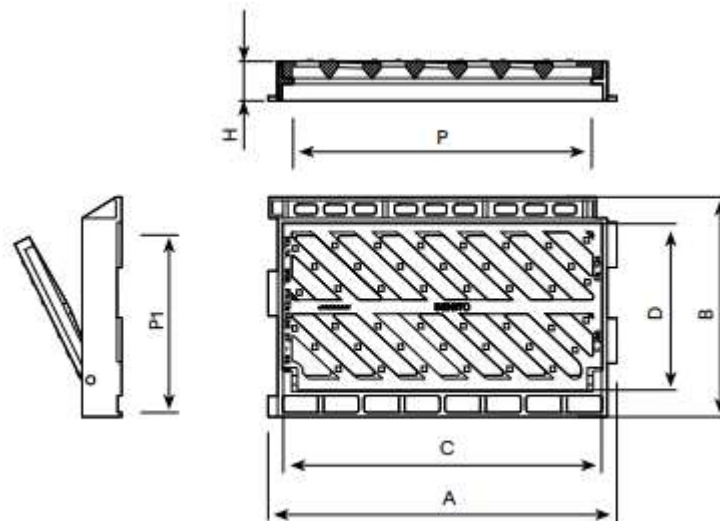


Ilustración 27: Croquis dimensional de la tapa de un imbornal de rejilla tipo C-250, cortesía Benito Urban. Es importante recordar este croquis, pues hará referencia a lo largo del trabajo reiteradamente.

### III.1. Diseño preliminar

BENITO				
IMBORNALES C-250 UNE 124				
TIPO	A	B	H	P
R0746	520	255	30	430
R0759	660	290	45	550
R0764	720	405	55	595
R0740A	430	275	40	350
R0745	500	305	35	425
R0766	625	395	40	530
R0766V	620	390	70	530
R0775	790	335	40	715
R0543	550	260	42	420
R0543C	565	255	40	435

Tabla 1. Medidas tomadas en milímetros de los diferentes tipos de imbornales del fabricante Benito de tipo C-250 y de rejilla.

FABREGAS			
IMBORNALES C-250 UNE 124			
TIPO	A	B	H
M3	915	373	100
M-3-R	870	345	100
M-3B	834	338	100
M-3B-25	834	338	100
D-3AD	834	336	32
D-3AV	870	346	70
D-3B	790	355	35
D-4A	695	362	41
D-4AD	700	360	100
D-98	729,5	419,7	80
B-19AB	614	392	36
B-22N	508	260	40,5
B-22BDA	587	369	40
B-22BD	558	358	41
22N-V	505	261	44
B-31D	513	254	31
B-31DD	513	224	31
D-20AV	536	258	70
D-31V	364	264	30
E-LEON	422	350	50
E-3EB	834	373	100
PO-10	700	398	52
PO-20	615	270	40

Tabla 2. Medidas tomadas en milímetros de los diferentes tipos de imbornales del fabricante Grupo Fábregas de tipo C-250 y de rejilla.

### III.1. Diseño preliminar

GLS PREFABRICADOS					
IMBORNALES C-250 UNE 124					
TIPO	A	B	H	P	D
IMPU	840	340	70/40	750	250
IMPU-DIAGONAL	840	340	40	750	245
ONDA	810	360	40	710	270
MERIDI ANA	925	375	100	710	240
CONCA VA	570/610 /630	370/370 /400	40	535/575 /575	335/335 /330
	430	400	104	565/415	330/345
TOPO	720	420	40	600	350
5026	500	260	40	460	230
CAZ	600	500	108	430	330
IMB ONDA	670	570	-	640	220
IMB 5730	570	300	-	530	280

Tabla 3. Medidas tomadas en milímetros de los diferentes tipos de imbornales del fabricante GLS Prefabricados de tipo C-250 y de rejilla.

Lo que se pretende con esto, es que se puedan obtener las dimensiones máx y mín de los imbornales de los distintos fabricantes, de esta forma, se puede conocer el área máx. que debe abarcar el retenedor de residuos y la sección mínima en la que debe caber la cesta del mismo.

### III.1. Diseño preliminar

DIMENSIONES RETENEDOR DE RESIDUOS					
IMBORNALES C-250 UNE 124					
DIMENSIONES	A	B	H	P	D
MÁX	925	570	108	750	350
MÍN	364	255	30	350	220

Tabla 4. Tabla resumen de las dimensiones medidas en milímetros de cotas máximas y mínimas de los imbornales de rejilla C-250 de los 3 fabricantes más significativos.

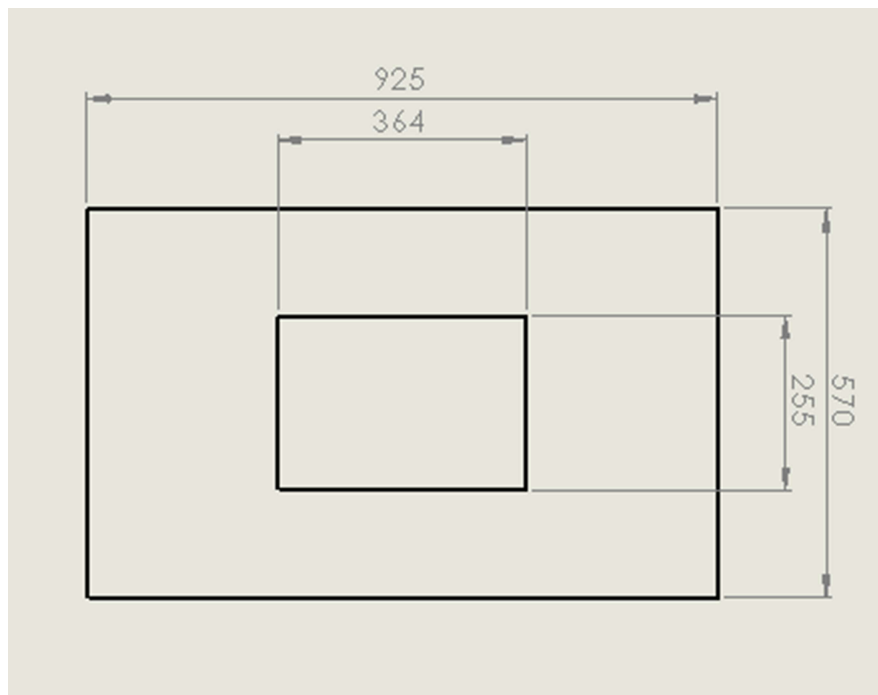


Ilustración 28. Imagen resumen tomada en milímetros de la representación de la sección del imbornal más grande y más pequeño posible.

#### III.1.3.2 DIMENSIÓN EN PROFUNDIDAD

Además de tener que conocer la superficie máx. y mín. que debe abarcar el retenedor de residuos, es de interés estudiar la profundidad máxima a la que debe poder alcanzar la cesta del retenedor, pues puede limitar el cierre de la rejilla del imbornal.

Para este caso, se estudiará el caso más desfavorable, por lo que se tendrá especial atención en los imbornales tipo sifónico de rejilla, ya que presentan una trampilla que reduce la profundidad en la que puede ser introducido el dispositivo. No es preciso

### III.1. Diseño preliminar

tenerlo en cuenta en los imbornales convencionales de rejilla, debido a que no presentan esta limitación.

Cabe remarcar que la medición se efectuará desde la mitad longitudinal de la rejilla en perpendicular hasta que se interponga la trampilla, tal y como se observa en la ilustración 27.

Debido a que la mayoría de los fabricantes, no dan en particular esta medición, únicamente Benito Urban con los planos DWG proporcionados. Se considerará las dimensiones en profundidad de Benito Urban debido a que tampoco difiere demasiado estas medidas con las de su competencia.

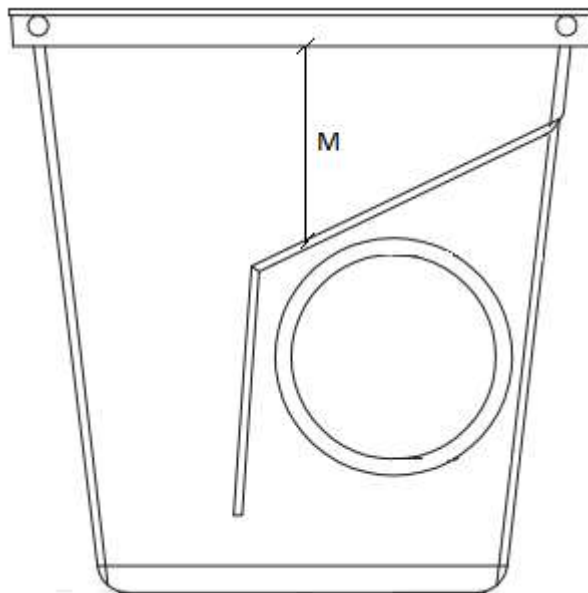


Ilustración 29. Distancia de la profundidad considerada para un imbornal sifónico C-250 de rejilla. Cortesía Benito Urban.

BENITO	
IMBORNALES C-250 UNE 124	
TIPO	M
SF570	196
SF679	300

Tabla 5. Limitaciones en profundidad de los imbornales sifónicos de rejilla tipo C-250 de Benito Urban medidos en mm.

Aunque el fabricante Benito Urban solamente disponga de dos imbornales de tipo sifónico en su página oficial, puede ser de referencia para conocer que la profundidad del retenedor no debe ser mayor a los 196mm del imbornal SF570.

### III.1.4 DISEÑO DEL PROTOTIPO

Conociendo las dimensiones máximas y mínimas de los fabricantes, se tiene una referencia dimensional inicial, que es de utilidad para llevar a cabo el prototipo, este podrá ser modificado después de realizar la selección del material y proceso de fabricación.

Inicialmente, y tal como se ha planteado en los croquis del diseño preliminar, se realizará el retenedor mediante un híbrido entre la cesta, bolsa perforada y colador, de esta forma se pueden conseguir las ventajas que proporciona cada tipo y obtener un diseño óptimo válido para todos los imbornales C-250 de los fabricantes más importantes de España.

Conociendo los valores dimensionales de los imbornales (Ilustración 28) se puede establecer que la sección útil aproximada con la rejilla levantada es de un 75% aproximadamente de la dimensión A y B (Ilustración 27).

Lo importante es que la cesta o colador sea capaz de entrar en el imbornal para cumplir su cometido, es por ello, que se escogerá para esta, la dimensión mínima de la Ilustración 28 multiplicado por 0.75.

Además tendrá que tenerse en cuenta la profundidad mínima admisible para que la cesta del colador pueda entrar en el imbornal, según la tabla 5.

Es decir:

$A': 364 \cdot 0.75 = 273\text{mm}$  aproximando a 270mm como máx.

$B': 255 \cdot 0.75 = 191.5\text{mm}$  aproximando a 190mm como máx.

$M': 196\text{mm}$  como máx.

### III.1. Diseño preliminar

Tal y como se realizó en el croquis, la cesta tiene forma de tronco de tetraedro, para facilitar la extracción de los desechos. La parte inferior se propondrá un rectángulo de 200mm de longitud por 80 de amplitud (Ilustración 30).

Para el desarrollo CAD del prototipo se realizará mediante el software Solidworks 2017.

La profundidad máx. admisible de todo el dispositivo es de 196mm, esta será la distancia que dispone el recolector en dirección vertical, aunque no siempre será así, pues la bolsa perforada deberá crear una especie de cono para que los residuos sedimenten en la cesta del recolector, según el ajuste que dé el operario al retenedor podrá modificar esta distancia, es por ello que se realizará la cesta con una altura total de 115mm respecto la parte inferior del dispositivo, en el plano superior será donde se dibuje el rectángulo de 270\*190, empleando la herramienta de recubrir, se obtendrá finalmente el tronco de tetraedro. Quedando una distancia de 81mm entre la parte superior de la cesta y la reja del imbornal, que corresponde a la resta de 196mm menos 115mm.

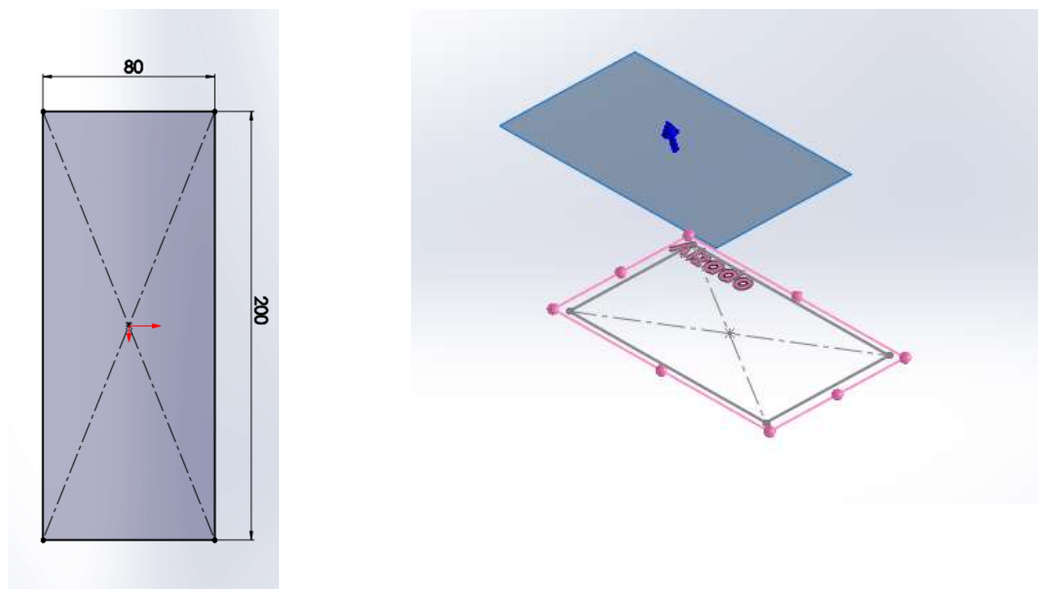


Ilustración 30. Diseño CAD del dispositivo mediante el empleo del software SolidWorks 2017.

### III.1. Diseño preliminar

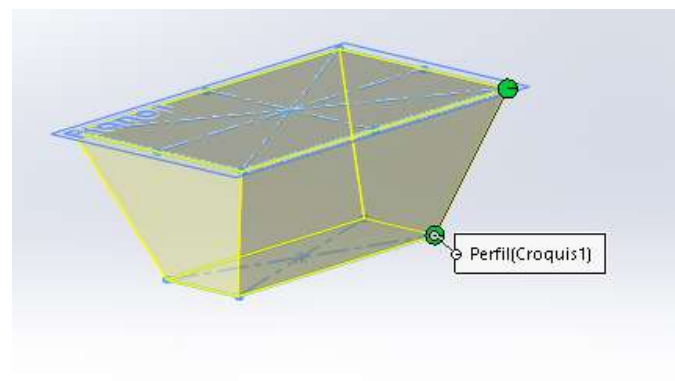
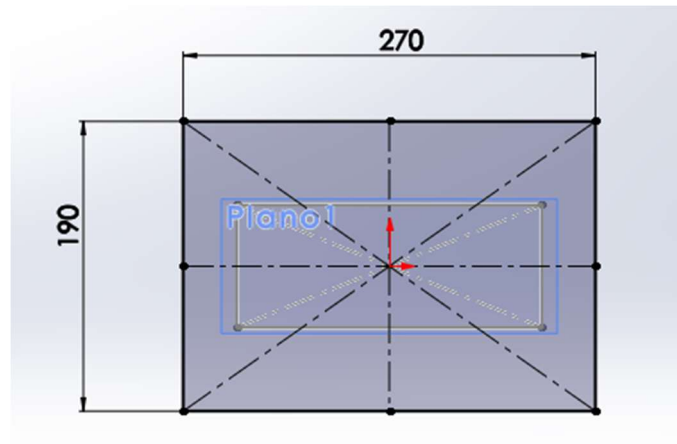


Ilustración 31. Diseño CAD del dispositivo mediante el empleo del software SolidWorks 2017.

Por tanto el ángulo que generará la bolsa respecto de la rejilla será de:



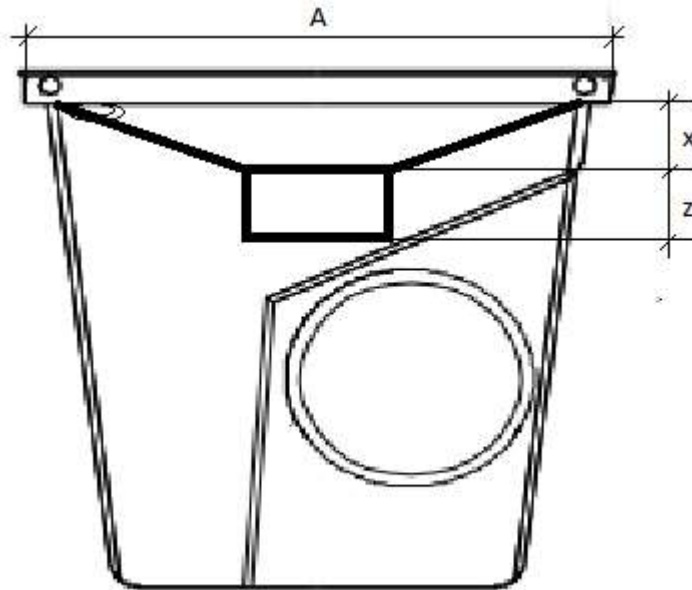


Ilustración 32. Croquis del retenedor colocado en el imbornal Delta 570SF para estudiar la profundidad del dispositivo retenedor.

Se conoce:

A: 565mm

X: 81mm

Z: 115mm

Para conocer el ángulo que forma la bolsa perforada, bastará con conocer la distancia que forma sobre la horizontal, para ello se resta el lado más largo de la cesta (270 mm) restando el largo de la rejilla del imbornal, dividiendo entre dos esta medida se averiguará la distancia que forma.

-Distancia horizontal:  $\frac{565-270}{2} = 193mm$ .

-La distancia vertical que forma del triángulo ya se conoce, siendo este de 81mm.

Por tanto para conocer el ángulo que genera se deberá realizar el arco tangente de las dos medidas anteriores.

$$\tan^{-1} = \frac{81}{193} = 22.76^\circ$$

Cabe remarcar que esta medida variará según el imbornal y del método empleado en la instalación del mismo en el sumidero.

Inicialmente se planteará como espesor inicial 1mm, aunque este valor podrá ser modificado después del análisis por elementos finitos (FEM) III.5. Simulación mediante FEM. También, tal y como se ha comentado antes, se realizará posteriormente un redondeo para eliminar la existencia de esquinas que dificulten la limpieza, adquiriendo la forma de colador descrita en el diseño preliminar.

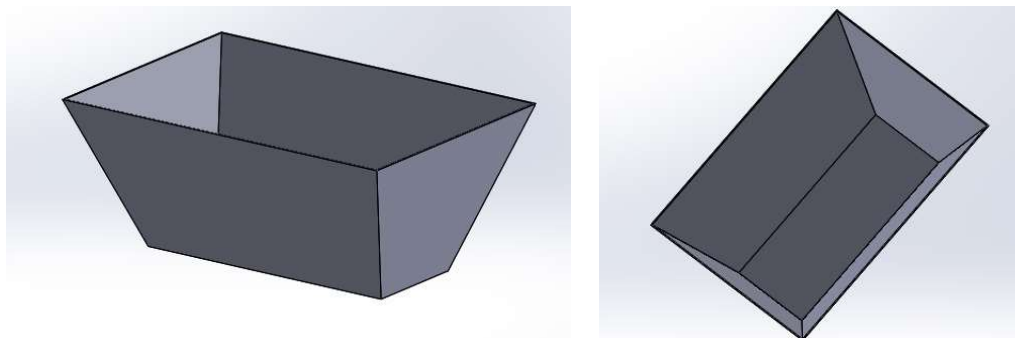


Ilustración 33. Diseño CAD del dispositivo mediante el empleo del software SolidWorks 2017.

Para que el dispositivo pueda incorporarse a los distintos imbornales de los fabricantes se añadirá una lámina perforada para que pueda ser acoplada, cortando lo sobrante con un útil de corte convencional de tipo cuttex.

La dimensión de la lámina se procederá de la misma forma que en la dimensión de la cesta, pero en este caso teniendo en cuenta la dimensiones máximas exteriores de la ilustración 28, se considerará un 75% de la dimensión total del imbornal, debido a que la cota A corresponde a la dimensión total del imbornal considerando también las pestañas que van embebidas en el hormigón, que no es la misma cota que la del asiento del retenedor, lo mismo ocurre con la dimensión B. Por tanto:

### III.1. Diseño preliminar

$A1': 925 \cdot 0.75 = 693.75$  aproximando a 695mm

$A2': 570 \cdot 0.75 = 427.5$  aproximando 430mm

Es por ello que la lámina tendrá forma rectangular de 695mmx430mm con redondeo en las esquinas de 15mm para evitar riesgos de corte al operario, a la hora de la manipulación e instalación de los mismos en el sumidero. Obteniéndose:

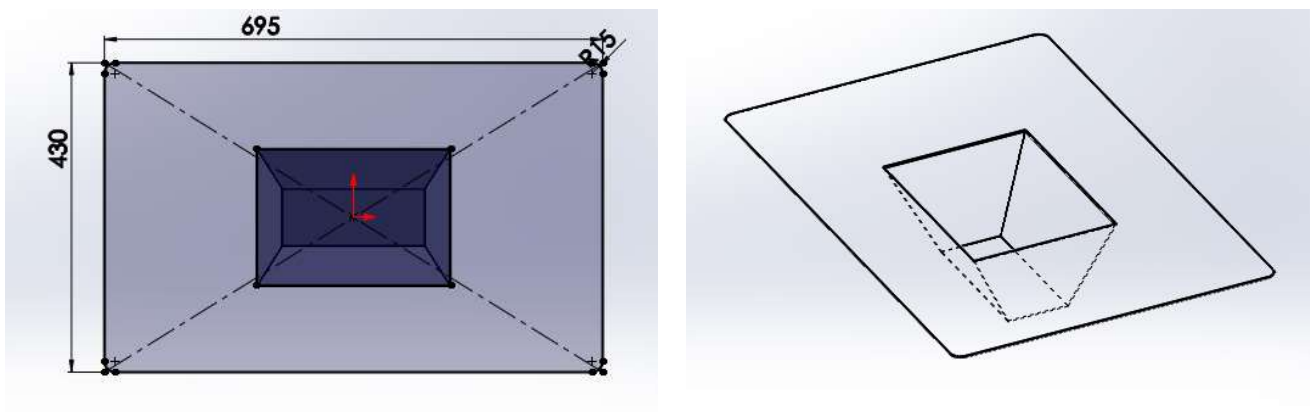


Ilustración 34. . Diseño CAD del dispositivo mediante el empleo del software SolidWorks 2013.

El espesor inicial será de 1mm al igual que la cesta, aunque se debe estudiar con detalle esta dimensión ya que no sólo depende del análisis por elementos finitos (FEM) sino también de la tolerancia existente entre la rejilla del sumidero y el marco. Inicialmente el retenedor de residuos se verá de la forma que se muestra en la ilustración 33 antes de su instalación en el imbornal, a falta de los orificios.

El retenedor de residuos será en dos partes, una la cesta y otra la bolsa perforada, la cesta podrá extraerse independientemente de la bolsa perforada, de esta forma se facilita la operación de limpieza del imbornal y se reducen los tiempos de extracción de residuos recogidos.

## III.1. Diseño preliminar

### III.1.4.1 SIMULACIÓN DEL PROTOTIPO EN UN IMBORNAL

Para simular como sería la instalación del prototipo del retenedor diseñado en el apartado anterior, se considera un imbornal sífónico proporcionado por Benito Urban, debido a que es el único fabricante de los tres que ofrece los planos en DWG, pudiendo realizar ingeniería inversa, y de esta manera, poder reconstruir en 3D mediante la ayuda del software SolidWorks 2017, quedando de la siguiente manera:

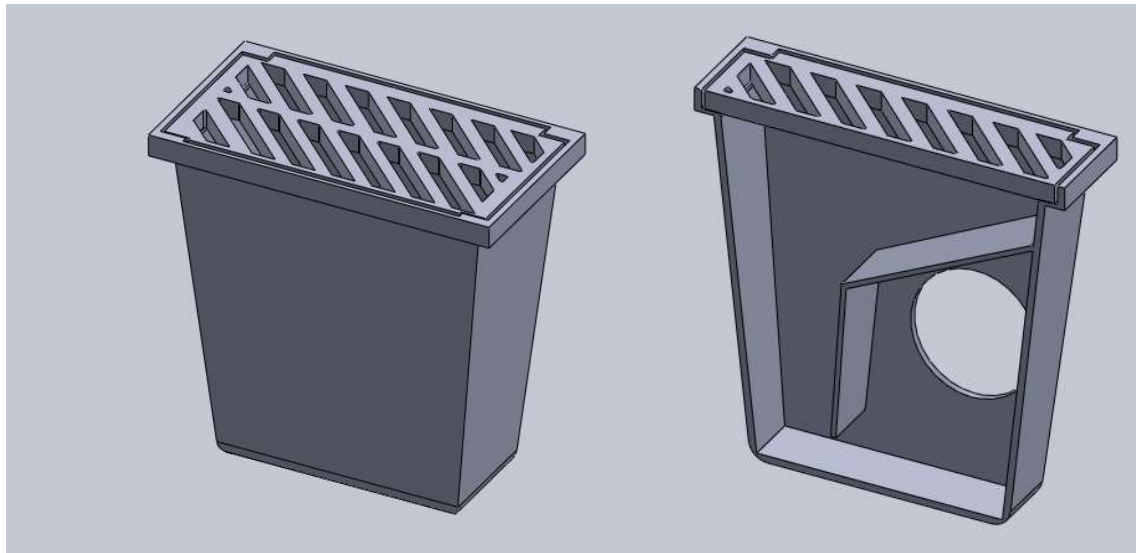
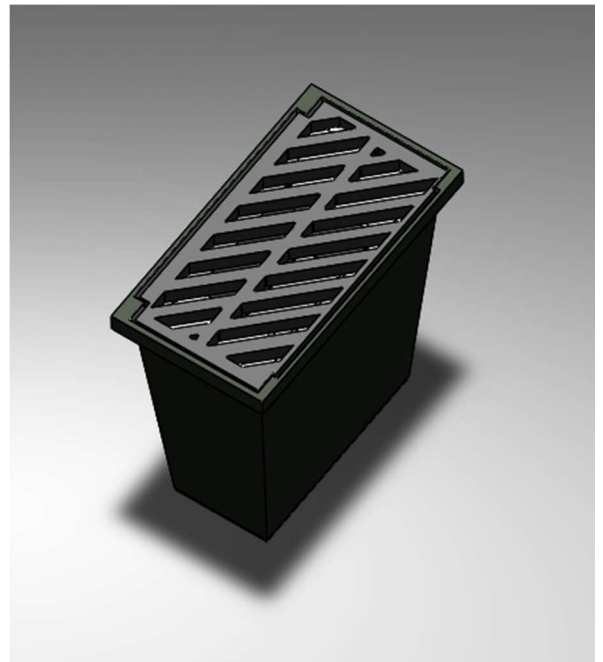
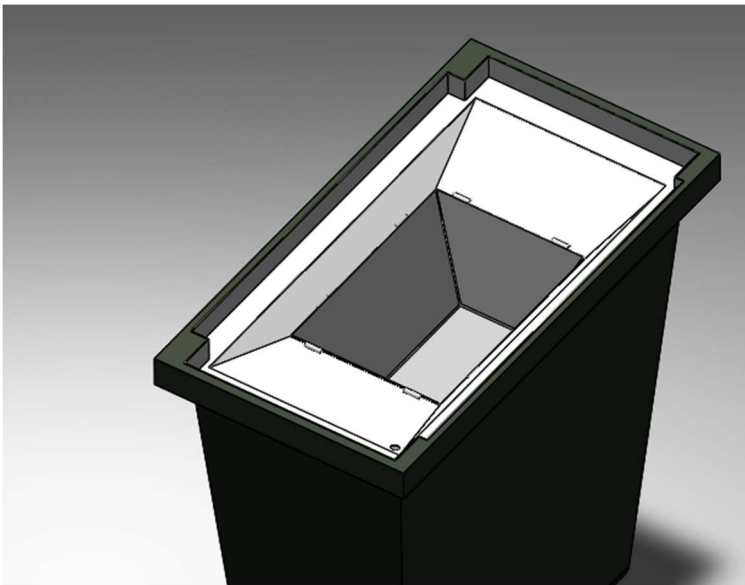
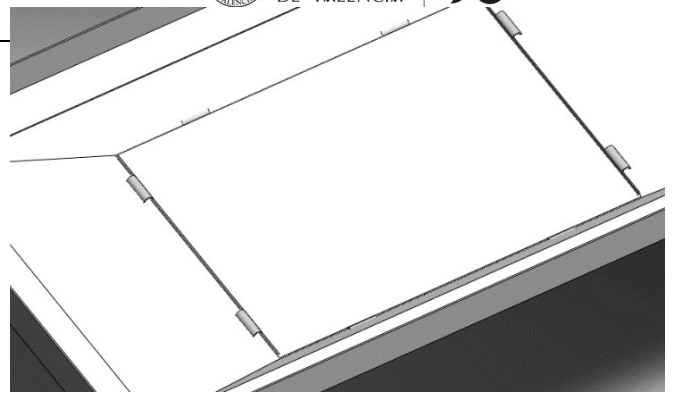
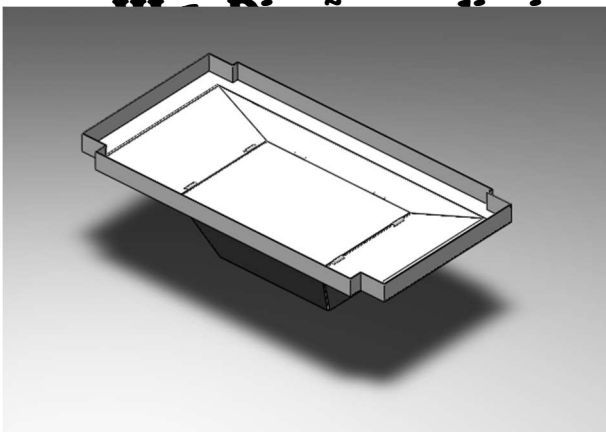


Ilustración 35. Reconstrucción del imbornal sífónico C-250 Delta SF570 para simular el diseño del prototipo del retenedor de residuos.

Realizando diversas operaciones en el software CAD, para acoplar el retenedor de residuos al imbornal, se obtiene la instalación final en la Ilustración 36.



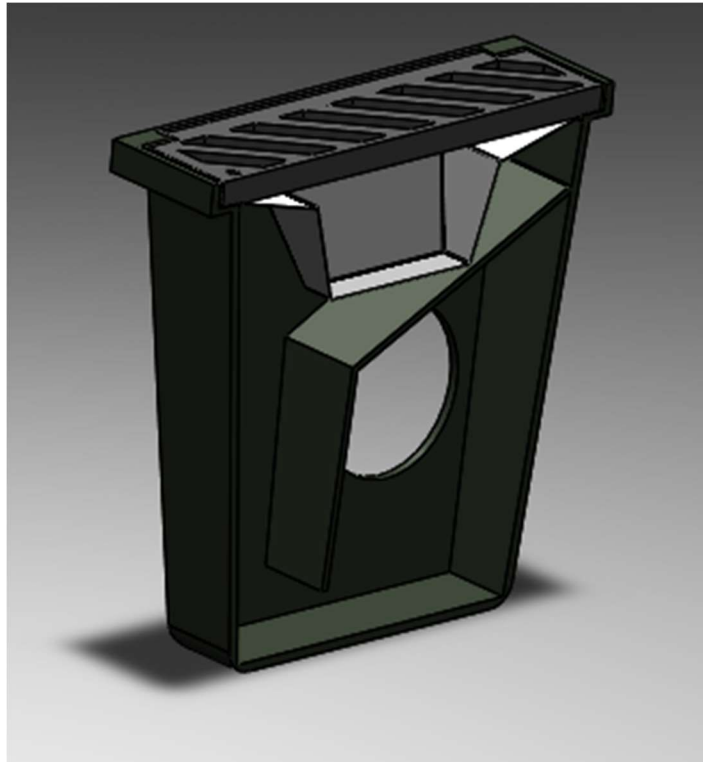


Ilustración 36. Instalación del prototipo en un imbornal C-250 Delta SF570 del fabricante Benito Urban.

Nótese que la cesta y la bolsa perforada son dos piezas diferentes, fijándose inicialmente con unas pestañas. De esta forma, la cesta puede extraerse hacia arriba, quedando fijada en el sentido opuesto por el peso de la cesta y la cantidad de residuos recolectados.

### III.1.5 ANÁLISIS DE LOS ORIFICIOS DEL RETENEDOR

Tal y como se comentó en los requisito de diseño, el dispositivo debe ser capaz de filtrar los sólidos en suspensión de un tamaño máximo de 10mm, por tanto, los agujeros más grandes deberán de tener un tamaño menor o igual a 10mm. Por otra parte, cuando la cesta se encuentre repleta de residuos, debe ser capaz de trasegar un 30% del caudal previsto, o dicho de otra forma, los orificios libres del dispositivo cuando se encuentre lleno debe ser del 30% la sección rectangular de la rejilla. También, la suma de las secciones de los orificios del retenedor debe tener al menos la misma sección que la rejilla del imbornal.

### III.1. Diseño preliminar

Para llevar esto a cabo, hay estudiar la relación entre la sección libre (referida a la sección de orificios de la rejilla) respecto a la sección total de la rejilla, de esta forma, se podrá conocer la sección que se necesita de orificios por superficie del retenedor de residuos.

$$\text{Relación } O = \frac{\text{Sección de rejilla libre}}{\text{Sección de rejilla completa}}$$

Para ello, se estudiarán distintos modelos de rejillas de distintos tamaños, calculando el área libre de las rendijas que lo conforman.

Se estudiarán las rejas con rendijas inclinadas y rectas, del fabricante Benito Urban ya que es el único que facilita los planos en DWG. Cabe remarcar que las rejillas de la competencia, como son los de Fundición Fabregas y GLS prefabricados, no difieren demasiado.

#### III.1.5.1 ESTUDIO DE LA SECCIÓN LIBRE DE REJAS DE IMBORNALES C-250

Para analizar las rejas de forma más sencilla, se reduce el problema al cálculo del área de aquellos orificios más grandes tal y como se observa en la siguiente ilustración. También, para realizar un análisis más simplificado se reducirá el área de la tapa del imbornal como un rectángulo.

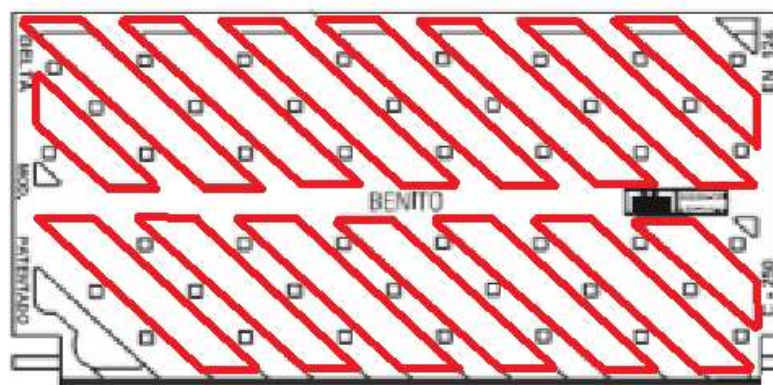


Ilustración 37. Simplificación del cálculo de la sección útil de trasegado de agua (sección libre).

### III.1. Diseño preliminar

Modelo	Lado A	Lado B	Sección libre	Sección de la tapa
R0745_FP_ES	455	265	38193.04	120575
R0766_FP_ES	565	300	65959.31	169500
R764_FP	650	355	97423.52	230750
R0746	460	240	38361.18	110400
R096_FP_ES	600	350	91073.13	210000
R965D4_FP	650	345	104710.1244	224250

Tabla 6. Análisis de distintas rejillas de imbornales de Benito Urban, para obtener la sección libre de las mismas. Las dimensiones están referenciadas a los requisitos dimensionales del diseño preliminar, apartado III:1.2.

Finalmente, se obtiene la relación  $O$  planteada anteriormente, se calcula el porcentaje de sección libre del área de una rejilla. Se ha estudiado 6 modelos de diferentes dimensiones, se ha pretendido escoger aquellos modelos más grandes y los más pequeños. Como puede observarse la relación  $O$  no varía demasiado. Se considerará la relación  $O$  mayor de los modelos estudiados, por tanto si se atiende a la tabla 7, la suma de las áreas de los agujeros del retenedor de residuos deberá ser cercana al 50% del área proyectada, en este caso 46,69% correspondiente al modelo R965D4\_FP.

Modelo	Relación $O$	Porcentaje (%)
R0745_FP_ES	0.317	31.68
R0766_FP_ES	0.389	38.91
R764_FP	0.422	42.22
R0746	0.347	34.75
R096_FP_ES	0.434	43.37
R965D4_FP	0.467	46.69

Tabla 7. Obtención de la Relación  $O$  de las rejillas de imbornales anteriormente estudiadas.

### III.5.2 TROQUELADO DE ORIFICIOS EN EL RETENEDOR DE RESIDUOS

Antes que nada, hay que conocer el área proyectada del dispositivo, tal y como se realizó en el diseño preliminar del retenedor de residuos, el rectángulo que conforma la bolsa perforada de la parte superior del retenedor, mide 695\*430mm (siendo despreciables los redondeos de las esquinas).



### III.1. Diseño preliminar

Por tanto, el área proyectada del retenedor será:

$$\text{Área} = 695 * 430 = 298850\text{mm}^2$$

Tal y como se ha especificado anteriormente el sumatorio de las secciones de los orificios deberá ser cercana al 50% al área proyectada, el modelo de rejilla estudiado con mayor porcentaje de sección libre es R965D5\_FP siendo de 46,69%, que casualmente corresponde con el modelo de mayor tamaño para el retenedor de residuos. Por tanto, la sección libre que deberán cumplir el sumatorio de orificios deberá ser de:

$$\text{Sección Libre} = 298850 * 0.4669 = 139533.07\text{mm}^2$$

Para conocer el número de troquelados que se deberán hacer, es necesario conocer el área del círculo de 10mm para la bolsa perforada (requisito de diseño del proyectista; el retenedor no deberá permitir el paso de sólidos mayores a 10mm).

$$\text{Área del círculo} = \frac{\pi * D^2}{4} = \frac{3.14 * 10^2}{4} = 78.5\text{mm}^2$$

Por tanto, el retenedor de residuos deberá tener sección libre de  $139533.07\text{mm}^2$ , lo que equivale a 1750 orificios aproximadamente.

Tal y como se describe en los requisitos de diseño del proyectista y de la norma, el retenedor deberá ser capaz de trasegar el 30% del caudal de la rejilla cuando este se encuentre lleno de residuos, si se supone la velocidad como constante, la sección libre que debe tener la bolsa perforada cuando el retenedor se presente lleno deberá ser el 30% de la sección de la rejilla. Por tanto:

$$\text{Número de orificios B.P} = \frac{298850 * 0.3}{78.5} = 1142 \text{ orificios totales}$$

Para ello, empleando el software CAD Solidworks 2017, se procede a realizar una matriz de mallado para averiguar la distancia entre centros para obtener esa cantidad de orificios.

### III.1. Diseño preliminar

Con una distancia de 13.5 entre orificios se obtienen finalmente que la bolsa perforada del retenedor contendrá 1231 orificios, con una sección total de  $96633.5\text{mm}^2$  correspondientes de multiplicar 1231 con la sección del orificio de  $10\text{mm}$  ( $78,5\text{mm}^2$ ).

Teniendo en cuenta el porcentaje respecto a la superficie proyectada de  $298850\text{mm}^2$ , la sección libre por la B.P es de 32.33%.

Además, el conjunto del retenedor de residuos tal y como se expuso en los requisitos de diseño según normativa, es estrictamente obligatorio cumplir con la normativa vigente en España, atendiendo a esta el retenedor debe ser capaz de trasegar al menos el 30% de la sección del imbornal sin rejilla. Tal y como se puede observar en la tabla de obtención de la relación O todos ellos cumplen este requisito, es evidente, pues sino no se podría comercializar pues no cumpliría con la normativa nacional.

Sabiendo que el sumatorio de los orificios de la bolsa perforada son 32.33%, en la cesta deberá troquelarse la parte restante, es decir, 14.3%.

$$\text{Número orificios B.P} = \frac{14.3 * 298850}{100 * 78.5} = 544 \text{ orificios}$$

Por ello, habrá que crear otra matriz de mallado pero esta vez para la cesta, variando la distancia de separación entre orificios se deberá conseguir la suma de 544 orificios. Así pues, para una distancia de  $14\text{mm}$  se obtienen 549 orificios.

Por lo tanto se considera finalmente como diseño óptimo en cuanto a lo que los orificios respecta, el de la siguiente figura, con un total de 1780 orificios, es decir, una sección útil de trasegado de caudal de  $139730\text{mm}^2$  y un porcentaje de 46.75% respecto a la sección libre, no produciendo una obstrucción de caudal respecto al imbornal de mayor tamaño.

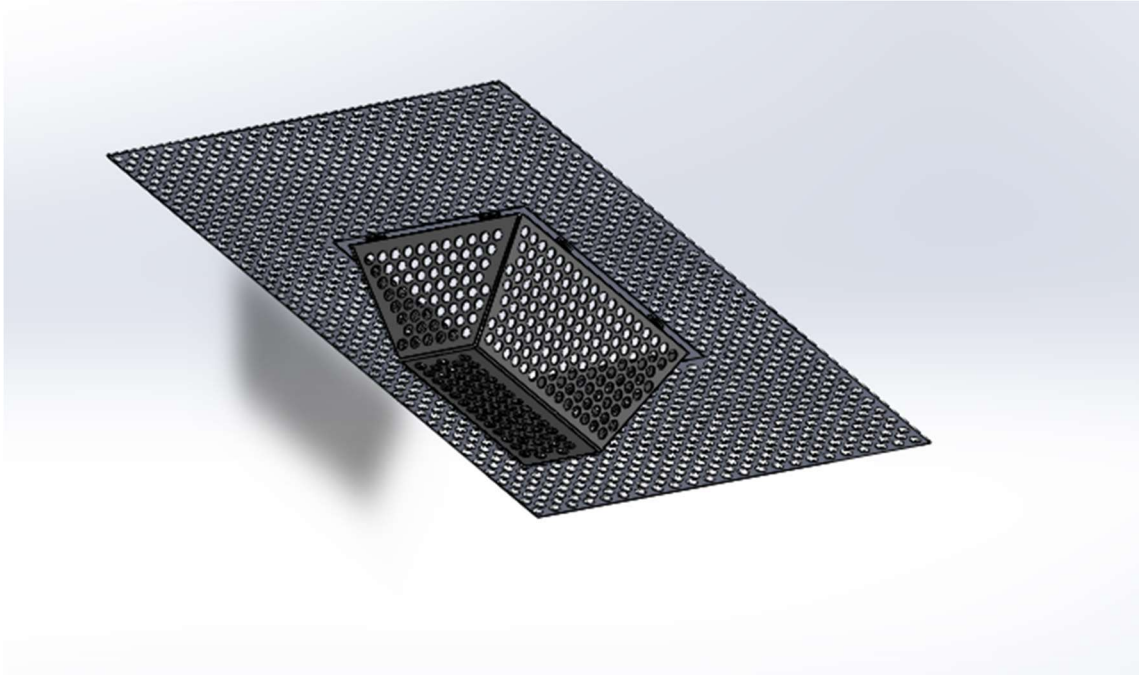


Ilustración 38. Diseño del retenedor de residuos troquelado.

## III.2. NORMATIVA APLICABLE.

UNE-EN 124-1:2015: “Dispositivos de cubrimiento y cierre para zonas de circulación utilizadas por peatones y vehículos. Parte 1: Definiciones, clasificación, principios generales de diseño, requisitos de comportamiento y métodos de ensayo.”

UNE-EN 124-2:2015: “Dispositivos de cubrimiento y de cierre para zonas de circulación utilizadas por peatones y vehículos. Parte 2: Dispositivos de cubrimiento y cierre de fundición.”

UNE-EN 124-3:2015: “Dispositivos de cubrimiento y de cierre para zonas de circulación utilizadas por peatones y vehículos. Parte 3: Dispositivos de cubrimiento y de cierre de acero o aleación de aluminio.”

UNE-EN 124-4:2015: “Dispositivos de cubrimiento y de cierre para zonas de circulación utilizadas por peatones y vehículos. Parte 4: Dispositivos de cubrimiento y de cierre de hormigón armado.”

UNE-EN 124-5:2015: “Dispositivos de cubrimiento y de cierre para zonas de circulación utilizadas por peatones y vehículos. Parte 5: Dispositivos de cubrimiento y de cierre de materiales compuestos.”

UNE-EN 124-6:2015: “Dispositivos de cubrimiento y de cierre para zonas de circulación utilizadas por peatones y vehículos. Parte 6: Dispositivos de cubrimiento y de cierre de polipropileno (PP), polietileno (PE) o poli(cloruro de vinilo) no plastificado (PVC-U).”

## III.3. CÁLCULOS

En este apartado se realizarán los cálculos estructurales del retenedor de residuos, se calculará la densidad aproximada de los desechos y cálculo hidrostático.

Debido a que el producto es un objeto que no varía en el tiempo, salvo cuando se efectúa el mantenimiento del imbornal, considerándolo como una variable estocástica. Se puede determinar los cálculos estructurales como estáticos, pues los sistemas están en equilibrio y el sumatorio de fuerzas equivale a cero.

### III.3.1 CÁLCULO DE DENSIDAD DE LOS RESIDUOS

En este apartado, se pretenderá encontrar una densidad media de los diferentes residuos que se puedan encontrar. No es lógico pensar que todo el retenedor de residuos se complete de piedras, pues se estará sobredimensionando el retenedor. De la misma forma, tampoco lo es, que se encuentre repleto de hojas de los árboles.

En las calzadas de los españolas es muy frecuente encontrar residuos que arrojan los transeúntes a medida que se desplazan. Si se analizan estos desechos, son finalmente los que arrastra la escorrentía pluvial y que finalmente acaban en los imbornales.

Se puede calcular la densidad, como la media aritmética de los residuos más habituales que se acaban depositando en los imbornales. Se pueden resumir con los siguientes:

- Arena, piedra caliza o lodo:  $2000 \text{ kg/m}^3$
- Hojas de los árboles y desechos orgánicos:  $500 \text{ kg/m}^3$
- Plásticos de bolsas y envases (PET, PE, PVC):  $1100 \text{ Kg/m}^3$
- Densidad del agua (cuando el retenedor se encuentre lleno):  $1000 \text{ Kg/m}^3$

Por tanto la densidad total considerada será de aproximadamente  $1.2 \text{ kg/dm}^3$ , esta será la densidad que se considerará en los cálculos posteriores.

### III.3.1.1 CÁLCULO DEL VOLUMEN DEL RETENEDOR

Para el cálculo del volumen se empleará el software Solidworks. Se planteará el retenedor de residuos como un sólido completo de residuos, para el caso del imbornal más grande, siendo el mismo que el estudiado en el análisis de los orificios (apartado III.1.5). Y para también, para aquellos imbornales de menor tamaño, como el R0740A, siendo uno de los imbornales C-250 de menor medida.

Cabe destacar que el volumen encerrado por el retenedor depende en cierta medida, de la tensión que aplique el operario a la hora de hacer la instalación del producto en el sumidero, se considerará una posición neutra ni muy tensa ni muy holgada.

#### -Volumen para el imbornal R965D4\_FP

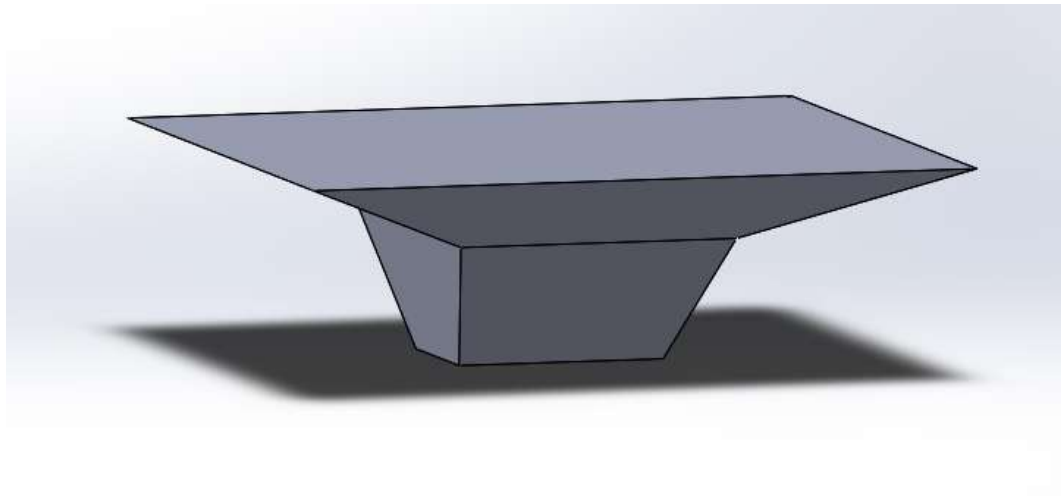


Ilustración 39. Obtención del volumen del retenedor de residuos para el imbornal R965D4\_FP.

Volumen obtenido: 12679 cm<sup>3</sup>

-Volumen para el imbornal R0740A

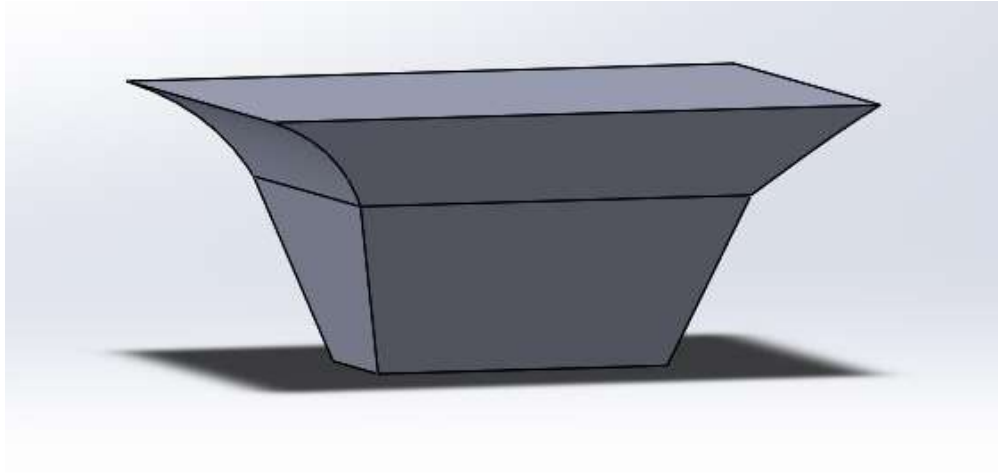


Ilustración 40. Obtención del volumen para el imbornal R740A

Volumen obtenido:  $8188 \text{ cm}^3$

#### **III.3.1.2 CÁLCULO DE LA MASA A SOPORTAR POR EL RETENEDOR Y CARGA MÁXIMA.**

El cálculo de la masa cuando el retenedor este completamente lleno, es tan sencillo como multiplicar el volumen calculado por la densidad obtenida.

Masa para el retenedor R965D4\_FP: 15.22Kg

Masa para el retenedor R740A: 9.83Kg

En resumen, la masa del retenedor cuando se encuentre lleno de residuos como máx. se podrá considerar de 15Kg, en el caso de que se encuentre completamente lleno, es decir, la carga máxima que debe soportar el retenedor de residuos será de 15Kp debido a que, el volumen determinado es para el retenedor más grande. Haciendo referencia a los requisitos de diseño, se cumple que el peso del retenedor es menor a los 20Kg planteados.

El coeficiente de seguridad, según el libro “Diseño de maquinaria de Robert Moot” para cálculos estáticos y material dúctil se establece un coeficiente de seguridad de 2. Por tanto, la carga que deberá soportar el retenedor en conjunto será de 30kp.

#### III.3.2 CÁLCULOS ESTÁTICOS

Hasta ahora, los cálculos realizados han sido para poder obtener el diseño idóneo. En este apartado, se realizarán los cálculos estructurales para poder obtener las tensión que soportará y su dimensionamiento final.

Así pues, se realizarán el cálculo más desfavorable, por tanto se realizará para el retenedor del imbornal R965D4\_FP, debido a que es el de mayor tamaño y por tanto, el que más distancia tiene entre sus apoyos, además de la mayor carga.

Así pues se realizarán dos cálculos bidimensionales, para la luz longitudinal que es mayor que la transversal, pues será la que tendrá mayor tensión.

La carga que soportará el retenedor:

$$P = 30kp * \frac{9.81m}{s^2} = 294.3N$$

Para simplificar el cálculo y obtener el caso más desfavorable la carga se aplicará en el centro del retenedor, no en su centro de masas.



#### III.3.2.1 CÁLULO PARA EL RETENEDOR DE MAYOR TAMAÑO: R965D4-FP

##### CÁLULO LONGITUDINAL

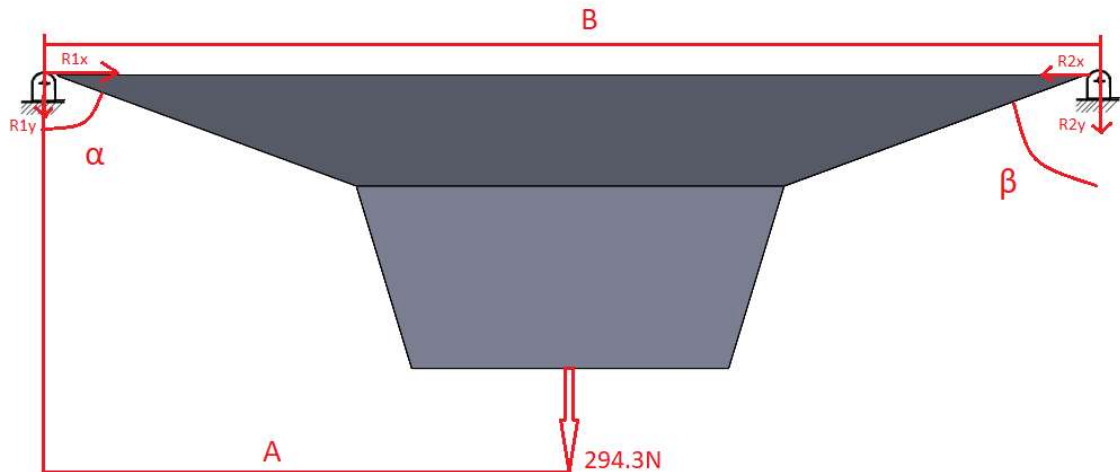


Ilustración 41 Croquis para el cálculo longitudinal del imbornal R965D4\_FP.

Primeramente se establecerán los signos de los ejes cartesianos, siendo el sentido positivo el eje de las abscisas hacia la derecha y el eje de coordenadas hacia arriba. A la hora de tomar momentos se considerará como sentido positivo el giro de las agujas del reloj.

$$R_{1x} = R_1 * \sin \alpha$$

$$R_{1y} = R_1 * \cos \alpha$$

$$R_{2x} = R_2 * \sin \beta$$

$$R_{2y} = R_2 * \cos \beta$$

Equilibrio de fuerzas:

$$\sum F_x = 0 \rightarrow R_{x1} = R_{x2} \text{ Ecuación 1.1}$$

$$\sum F_y = 0 \rightarrow R_{y1} + R_{y2} + 294.3 = 0 \text{ Ecuación 1.2}$$

$$\sum M_z = 0 \rightarrow 294.3 * A + R_{2y} * B = 0 \text{ Ecuación 1.3}$$

Conocidas las distancias  $A=325\text{mm}$  y  $B=650\text{mm}$ , se puede obtener por tanto;  $R_{2y}$

### III.3. Cálculos

Siendo  $R_{2y} = -147.15N$

Aplicando en la ecuación 1.2  $R_{2y}$ , se puede despejar  $R_{y1}$ ;  $R_{y1} = -147.15N$

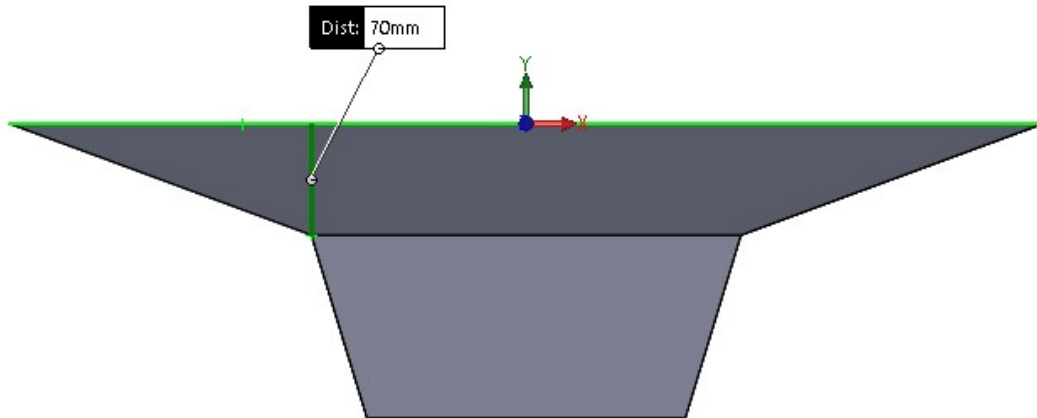


Ilustración 42. Medición realizada por Solidworks 2018.

Para averiguar los ángulos  $\alpha$  y  $\beta$ , se aplica el teorema del seno.

$$\frac{\text{Lado } 70\text{mm}}{\sin(\alpha - 90)} = \frac{\text{Hipotenusa}}{\sin 90}$$

Si se mide la hipotenusa en Solidworks se obtiene 202.5mm. Así pues, despejando el ángulo, se obtiene que  $\alpha=69.78^\circ$ . Debido a que la pieza es simétrica  $\alpha=\beta=69.78^\circ$ .

Cabe destacar que el ángulo  $\alpha$  puede variar según la tensión que se dé a la bolsa perforada, por parte del operario a la hora de realizar la instalación.

De esta forma se puede obtener  $R_1$  y  $R_2$ ,

$$R_{1y}/\cos \alpha = R1$$

$$R_{2y}/\cos \alpha = R2$$

Siendo  $R1 = -425.75N$  y  $R2 = -425.75N$  Pudiendo ahora calcular las reacciones horizontales  $R_{1x}$  y  $R_{2x}$ .

$$R_{1x} = R1 * \sin \alpha = -399.5N$$

$$R_{2x} = R2 * \sin \beta = -399.5N$$

Finalmente a modo de resumen:

$$R_{2y} = R_{y1} = -147.15N$$

$$R_1 = R_2 = -425.75N$$

$$R_{1x} = R_{2x} = -399.5N$$

$$\alpha = \beta = 69.78^\circ$$

#### III.3.2.2 CÁLCULO HIDROSTÁTICO

Será de especial importancia realizar un cálculo hidrostático que intervienen en el retenedor. Estas serán las que luego se coloquen en el análisis FEM para obtener el espesor idóneo.

Lo primero, será establecer los datos de entrada para resolver el problema.

Peso específico: Tal y como se ha desarrollado en el apartado III.3.1 Cálculo de densidad de los residuos, el peso específico será igual a la densidad por la gravedad, es decir:

$$\text{Peso específico } (\wedge) = 1.2 \frac{kg}{dm^3} * 9.81 \frac{m}{s^2} = 11.77 \frac{N}{dm^3} = 11770 \frac{N}{m^3}$$

LR: El eje de referencia se supondrá al mismo nivel que la posición de la rejilla del imbornal. Es cierto, que el nivel de agua pluvial podrá estar por encima de este cuando el retenedor limite la capacidad de trasegar caudal, este aumento de cota de agua por encima del eje de referencia no se tendrá en cuenta, se añadirá un factor de seguridad para compensar esta diferencia.

Habrà que analizar el caso más desfavorable, es decir, para el imbornal de mayores dimensiones, el R965D4-FP de Benito Urban.

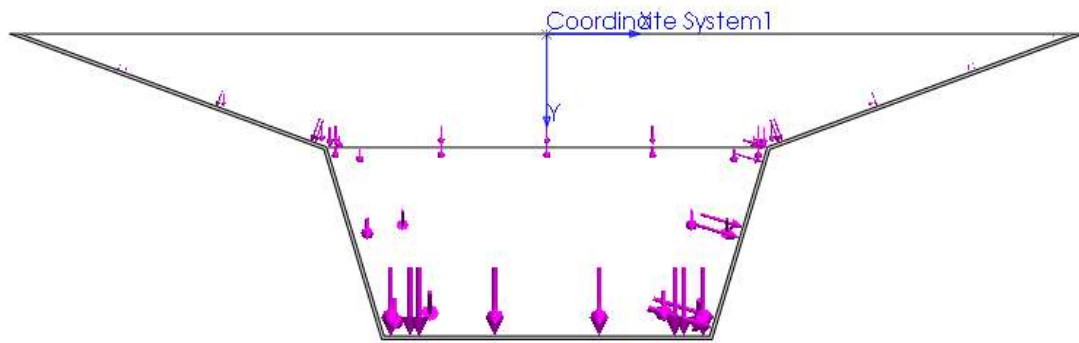


Ilustración 43. En esta ilustración puede observarse las líneas de presión que generará el agua con los desechos en el retenedor de residuos para el imbornal de mayor tamaño, siempre de forma perpendicular a las caras.

Primero se analizará el cálculo de forma longitudinal interviniendo los 4 planos inclinados y la cara inferior horizontal.

#### CÁLCULO LONGITUDINAL

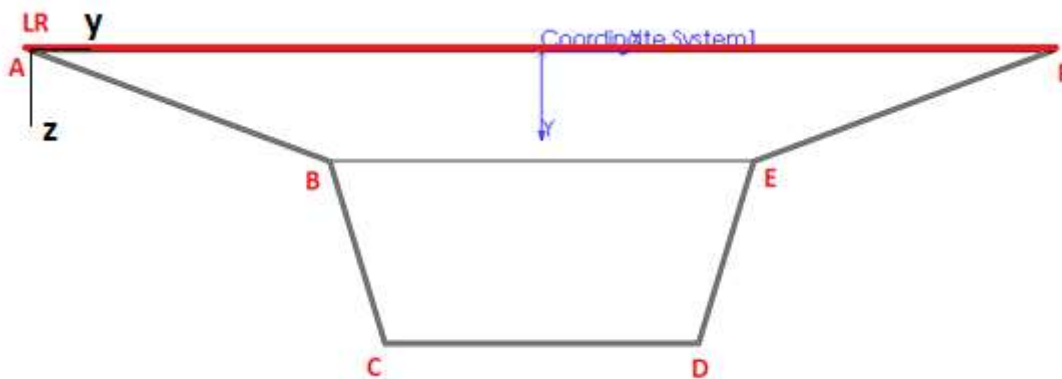


Ilustración 44. Esquema inicial para el cálculo hidrostático longitudinal del retenedor de residuos.

Debido a que se trata de una pieza simétrica, el prisma de presiones ejercido en la cara AB y BC serán las mismas que las ejercidas por DE y EF. De esta forma, calculando el prisma de presiones de las caras AB, BC y CD será suficiente.

#### PRISMA DE PRESIONES AB

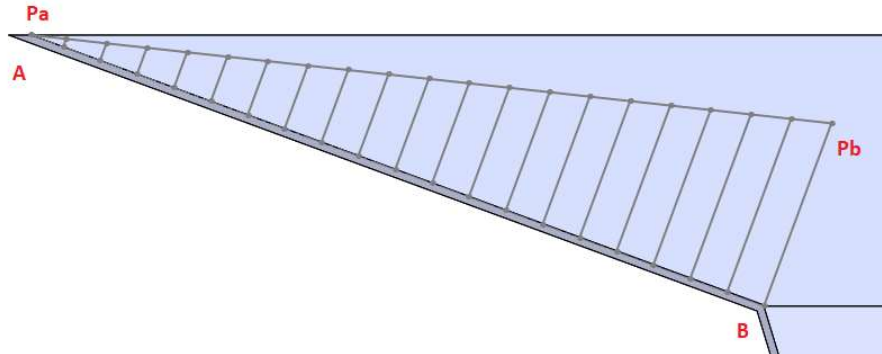


Ilustración 45. Diagrama de distribución de presiones AB.

Debido a que el punto A está sobre la LR, la presión en A será cero, o lo que es lo mismo, igual a la presión atm, ya que el cálculo se realiza según presiones relativas.

El punto B, se encuentra a una profundidad de 70mm, por tanto:

$$P_b = 11770 * 0.07 = 823.9 \text{ N/m}^2$$

Para calcular la presión que ejerce el agua sobre toda la cara AB del retenedor, habrá que simplificar el trapecio en un rectángulo y así, poder calcularlo de forma sencilla empleando el prisma de presiones.

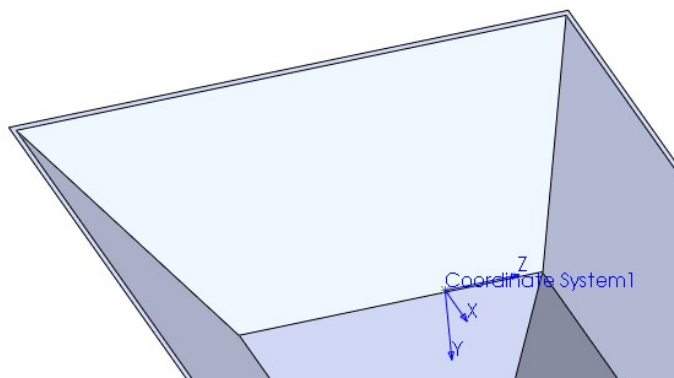


Ilustración 46. Cara trapecial del retenedor de residuos.

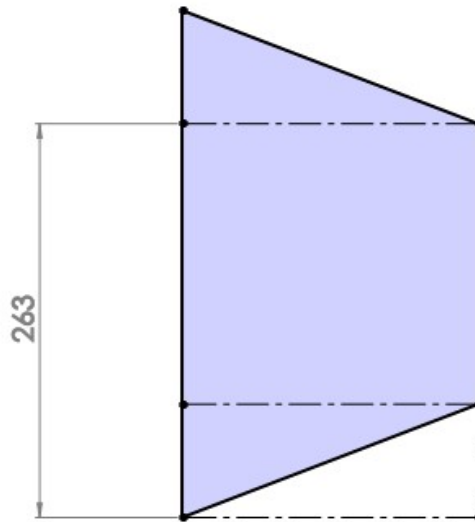


Ilustración 47. Descomposición del trapecio isósceles en un cuadrado y dos triángulos, estos se pueden colocar de la manera indicada en la figura así, a efectos del cálculo se considerará un rectángulo, simplificando considerablemente el cálculo.

Por tanto:

$$F_{AB} = \left( \frac{823.9 * 0.217}{2} \right) * 0.263 = 23.5N$$

Siendo 0,217 la hipotenusa del triángulo resultante.

Ahora, hay que calcular el punto de aplicación de la fuerza resultante, se considerará el punto A como referencia, debido a que se trata de un triángulo, el punto de aplicación será:

$$W_{ab} = \frac{2}{3} * 0.217 = 0.145m$$

Situándose el sistema de coordenadas sobre la hipotenusa del triángulo.

Punto de aplicación de la fuerza de 23.5N está a  $(0.263/2, 0.145 * \cos(69.7), 0.145 * \sin(69.5))$

**En resumen: La fuerza AB es de 23.5N aplicada en (0.13, 0.05, 0.136)**

#### PRISMA DE PRESIONES BC

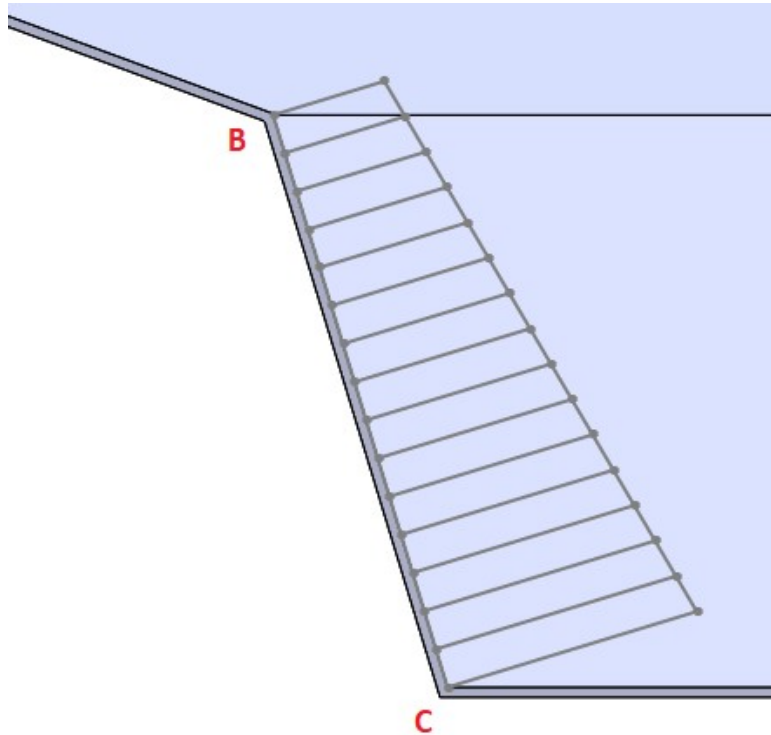


Ilustración 48. Cálculo de la fuerza resultante en la cara BC.

De forma similar que antes, se procede calculando las presiones en cada punto, la fuerza resultante y el punto de aplicación.

$$P_b = 823.9 \text{ N/m}^2$$

$$P_c = 11770 * 0.185 = 2177.45 \text{ N/m}^2$$

La simplificación del trapecio isósceles es equivalente a un rectángulo de 0.12\*0.13m

Primeramente se calculará el triángulo de presiones, posteriormente el rectángulo que se produce por tener 0,07m de agua por encima del punto B. De esta forma:

Triángulo:

### III.3. Càlculs

$$F_{bc\Delta} = \frac{(P_c - P_b) * BC}{2} * Prof = \frac{(2177.45 - 823.9) * 0.12}{2} * 0.13 = 10.56N$$

Considerando el punto B, el punto de aplicaci3n ser3:

$$(0.065, 0.08 * \cos(17), 0.08 * \sin(17))$$

Es decir, (0.065, 0.076, 0.023)

Rect3ngulo:

$$F_{bc\Box} = 823.9 * 0.12 * 0.13 = 12.85N$$

El punto de aplicaci3n del rect3ngulo, estar3 en la mitad de la cara inclinada. Este ser3.

$$(0.13/2, (0.12/2) * \cos(17), (0.12/2) * \sin(17))$$

Es decir, (0.065, 0.057, 0.0175)

La resultante del tri3ngulo en conjunto ser3:

$$E_T = 10.56 + 12.85 = 23.41N$$

Y el punto de aplicaci3n de la resultante:

$$P = \frac{10.56 * 0.08 + 12.85 * 0.06}{23.41} = 0.069$$

Por lo tanto, el punto de aplicaci3n ser3: (0.065, 0.069 \* cos(17), 0.069 \* sin(17))

**En resumen: En el lado BC hay una carga de 23.41N aplicada en punto**

**(0.065, 0.066, 0.02)**



#### PRISMA DE PRESIONES LADO CD

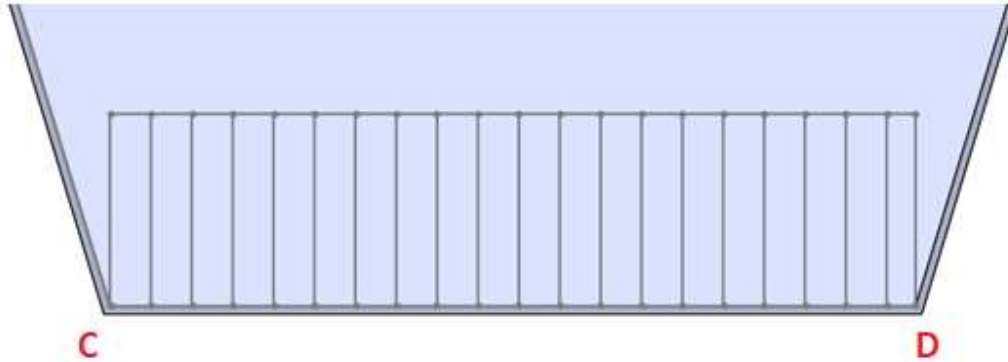


Ilustración 49. Distribución de presiones sobre la cara CD.

#### Presiones en C y D:

Debido a que se encuentran a la misma cota de 0.185m las presiones tanto como en C y D serán las mismas.

$$P_c = P_d = 0.185 * 11770 = 2177.5 \text{ N/m}^2$$

$$F_{cd} = 2177.5 * 0.195 * 0.77 = 327 \text{ N}$$

Punto de aplicación, si se considera el punto C como punto de apoyo:

$$(0.77/2, 0.195/2, 0)$$

**En resumen: En el lado CD hay una carga de 327 aplicada en (0.77/2, 0.195/2, 0)**

Se procede al cálculo transversal.

#### CÁLCULO TRANSVERSAL

Se procede de la misma forma que antes, aunque en esta vez no será necesario hacer el cálculo sobre la cara IJ, pues se ha hecho el cálculo anteriormente.

### III.3. Cálculos

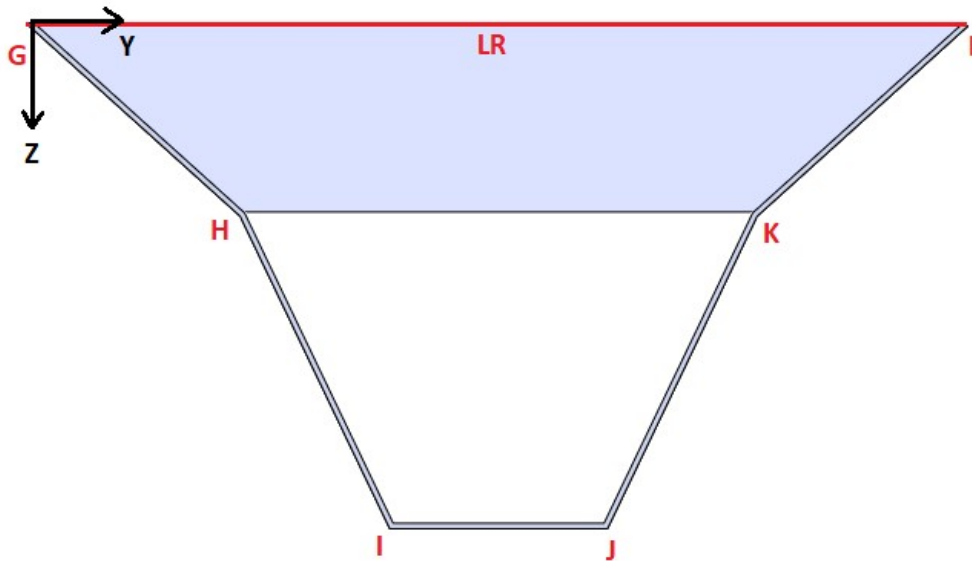


Ilustración 50. Esquema para realizar el cálculo hidrostático transversal.

#### PRISMA DE PRESIONES GH

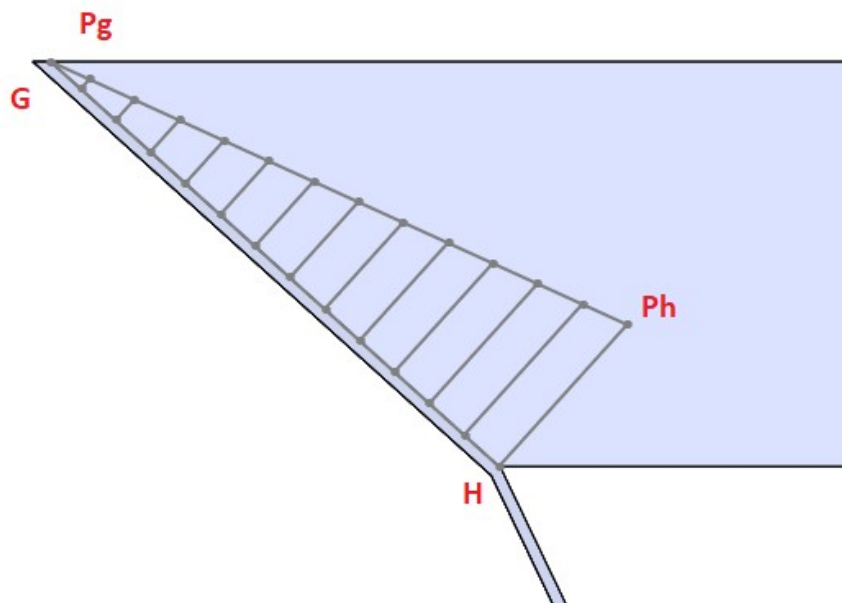


Ilustración 51. Esquema del prisma de presiones para la cara GH.

Conocido que  $GH=102\text{mm}$  y forma  $48^\circ$  con la horizontal, se calcula:

$$P_G = 0 \text{ N/m}^2$$

$$P_H = P_B = 11770 * 0.07 = 823.9 \text{ N/m}^2$$

$$F_{GH} = \frac{823.9 * 0.102}{2} * 0.452 = 19 \text{ N}$$

La profundidad es el resultado de simplificar el trapecio, la igual que se ha hecho anteriormente.

El punto de aplicación será:

$$(0.452/2, 0,102*(2/3)*\cos(48), 0,102*(2/3)*\text{sen}(48))$$

**En resumen: En el lado GH hay una carga de 19N aplicada en (0.226, 0.046, 0.051)**

#### PRISMA DE PRESIONES HI

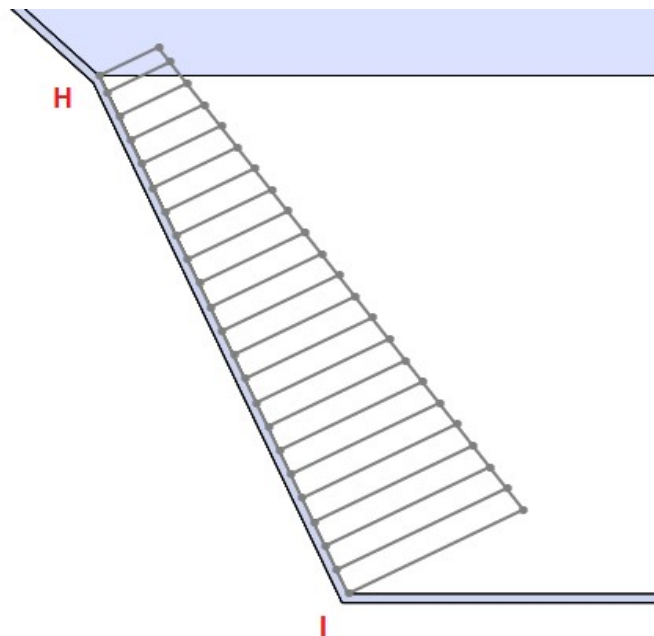


Ilustración 52. Esquema del prisma de presiones para la cara HI.

Conociendo HI=127mm que forma un ángulo con la horizontal de 26°

Se calculan las presiones de cada punto:

### III.3. Cálculos

$$P_H = P_B = 11770 * 0.07 = 823.9 \text{ N/m}^2$$

$$P_I = P_C = 11770 * 0.185 = 2177.5 \text{ N/m}^2$$

Triángulo:

$$F_{hi\Delta} = \frac{(P_i - P_h) * HI}{2} * Prof = \frac{(2177.5 - 823.9) * 0.127}{2} * 0.231 = 19.85 \text{ N}$$

Rectángulo:

$$F_{hi\Box} = 823.9 * 0.127 * 0.231 = 24.17 \text{ N}$$

Resultante:

$$E_{T2} = 19.85 + 24.17 = 44.02 \text{ N}$$

$$P = \frac{19.85 * \frac{2}{3} * 0.127 + 24.17 * \frac{0.127}{2}}{44.02} = 0.073 \text{ m}$$

**En resumen: En el lado HI: Hay una carga de 44.02 aplicada a 0.073m**

# III.4. SELECCIÓN DE MATERIALES.

La selección del material se ha dividido en dos partes, según la normativa vigente en el territorio español y según las consideraciones del proyectista. Siendo ambas partes constructivas no debiéndose contradecir.

## III.4.1 SEGÚN NORMATIVA

Según la normativa EN 124-1:2015 el material o los materiales utilizados en el retenedor deben ser compatibles con las del imbornal, por ejemplo, debe evitarse la corrosión electroquímica o galvánica perjudicial. Los dispositivos de cierre y de cubrimiento de acuerdo con esta norma deben ser, al menos, adecuados para utilizarse en condiciones secas y húmedas y en un ambiente químico ligeramente agresivo, es decir, las condiciones normales del alcantarillado doméstico y de los efluentes industriales tratados, y para la mayoría de los suelos y aguas subterráneas naturales. Si se esperan condiciones más severas, pueden ser necesarios requisitos adicionales para la protección frente a la corrosión.

-Los materiales deben cumplir con la legislación ambiental y/o toxicológica del lugar de uso al que está destinado.

## III.4.2 SEGÚN PROYECTISTA

Como es objeto de este trabajo se desea además del diseño, la fabricación del retenedor de residuos para evitar la obturación de imbornales C-250 de rejillas. Para obtener unos candidatos de material satisfactorios para la aplicación, se empleará el software CesEdupack 2018; software que contiene una base de datos con diferentes materiales que permite compararlos según las especificaciones que se indiquen.

Los requisitos principales que debe cumplir el material tanto para la bolsa perforada como la cesta, deben ser:

-Debe de ser un material resistente al desgaste debido a la erosión que produce el agua pluvial, es por ello que deberá tener una dureza considerable, además, tampoco

### **III.4. Selección de material**

---

debe poder ser carcomido por roedores presentes en la red de alcantarillado, reduciendo su capacidad de retener los desechos, se considerará una dureza mín. de 60 Shore.

-Debe ser un material relativamente barato con un coste menor de 3€/kg, debido a que se pretende que apenas aumente el coste del imbornal, y que el coste del dispositivo sea no superior a 5€/unidad.

-Debe ser compatible con el agua, por tanto debe ser resistente a la corrosión e impermeable, además de ser compatible con medios ácidos.

-Debe ser un material reciclado, el exceso de residuos de plástico en el entorno ya es una realidad, es por ello, que se ha planteado emplear un material de segundo uso, para reducir en la medida de lo posible la contaminación.

-No debe contaminar las aguas, presentándose inerte frente a estas.

-Debe tener una densidad relativamente baja no superior a 3kg/dm<sup>3</sup> para que el operario sea capaz de retirar los desechos retenidos en el colador sin tener molestias. Además, su densidad no debe ser inferior a 1kg/dm<sup>3</sup> pues el retenedor no debe flotar, y no funcionaría de forma óptima.

-Debe ser de material rígido, cuando se encuentre lleno de residuos y soporte el peso del agua, no debe deformarse ni desfondarse, por lo tanto el módulo de Young será un requisito importante.

-No debe absorber la humedad debido a que el material se encontrará en constante contacto con el agua, este no debe ser higroscópico, pues debe permanecer inerte frente al agua, no variando sus dimensiones ni tampoco sus propiedades físicas.

#### **III.4.3 MATERIAL SELECCIONADO**

Introduciendo los requisitos en el software, se obtienen 3 candidatos posibles:

### III.4. Selección de material

-ABS:

Acrylonitrile Butadiene Styrene(ABS)	
Modulo de Young (Gpa)	2-2.9
Precio (€/kg)	2.47-2.54
Densidad(kg/m <sup>3</sup> )	1.02-1.08*10 <sup>3</sup>
Dureza Shore A	77
Elongación (%)	20-100
Absorción de agua (%)	0.2-0.45
Durabilidad a medios ácidos	Excelente
Reciclable	Si
Tenacidad (Kj/m <sup>2</sup> )	1.35-2.04

Tabla 8. Propiedades del material ABS.

-PS:

Polystirene (PS)	
Modulo de Young (Gpa)	2.28-3.28
Precio (\$/kg)	2.06-2.09
Densidad(kg/m <sup>3</sup> )	1.04-1.05*10 <sup>3</sup>
Dureza Shore A	60
Elongación (%)	1.2-2.5%
Absorción de agua (%)	0.01-0.03
Durabilidad a ácidos debiles	Excelente
Reciclable	Si
Tenacidad (Kj/m <sup>2</sup> )	0.18-0.43

Tabla 9. Propiedades del material PS.

-PVC Rígido:

Poly Vinyl Chloride (PVC)	
Modulo de Young (Gpa)	2.48-3.3
Precio (\$/kg)	1.52-1.57
Densidad(kg/m <sup>3</sup> )	1.3-1.5*10 <sup>3</sup>
Dureza Shore	80-85
Elongación (%)	40-80
Absorción de agua (%)	0.04-0.4
Durabilidad a ácidos debiles	Excelente
Reciclable	Si
Tenacidad (Kj/m <sup>2</sup> )	4.19-5.7

Tabla 10. Propiedades del material PVC.

### III.4. Selección de material

Comparando las tablas anteriores de los tres candidatos, se observa sus similitudes, apenas variando sus propiedades, aunque, para la aplicación del retenedor se podrían emplear cada uno de ellos, se procederá a realizar una comparación objetiva para seleccionar el más idóneo según las condiciones establecidas en apartados anteriores.

Si se compara la densidad de los tres, se observa que las densidades del ABS y PS son prácticamente idénticas, siendo el PVC el de mayor, llegando a 1.5Kg/dm<sup>3</sup>. En cuanto al precio, el que más destaca es el PVC, siendo este el menor de los tres con un coste por kilo alrededor de 1.5€. En cuanto al módulo de Young, se encuentran todos en la misma línea. Si se pone atención en la elongación, el de PVC presenta una elongación adecuada para la aplicación, pues en el caso de recibir una carga fuera de la común no se producirá una rotura repentina sino una deformación plástica más progresiva.

El ganador en cuanto a la tenacidad respecta, es el PVC. Cabe destacar que los 3 materiales tienen buen comportamiento frente a medios ácidos y poca absorción de agua, además de ser todos ellos reciclables.

Finalmente, se selecciona el PVC Rígido para el retenedor de residuos por ser el material más adecuado para los requisitos establecidos en el apartado III.4.1 y III.4.2 teniendo como principal fuente de obtención, material reciclado.

Observando en el mercado los diferentes orígenes de obtención del PVC reciclado, llama especialmente la atención una noticia de ANAIP (Asociación Española de Industriales de Plástico) "La mayoría de las tarjetas de crédito, de regalo, de tiendas, de membresía, bibliotecas, de transporte público, etc., están hechas de PVC" además otro dato curioso de la misma noticia "Reino Unido, el mercado de tarjetas de regalo y de las tiendas hechas con PVC sigue creciendo. Cada año se producen alrededor de dos mil millones de tarjetas, lo que equivale a 2.500 toneladas de PVC.". Quiriendo evitar que estas tarjetas acaben en vertederos, se podría reprocesar este material para finalmente fabricar el retenedor de residuos, aunque quizás suponga un aumento del coste final del dispositivo, se estaría dando una solución ecológica a un problema que cada día es más importante en el planeta.



### III.4.3.1 PROCESO DE RECICLADO DE PVC

Uno de los principales problemas de querer aprovechar el material de las tarjetas de crédito, es encontrar una fuente de obtención de las mismas, y estas que no puedan ser mezcladas con otros materiales que pudieran complicar el proceso.

Hoy en día, las tarjetas se han convertido en un formato cada vez más común, estas se pueden conseguir de entidades bancarias, empresas de transporte y de otras fuentes tales como hoteles y tarjetas de presentación. Aunque el proceso de reciclaje no es tarea fácil, debido a la dificultad de obtener suministro constante de tarjetas, se pueden reciclar tuberías y baldosas plásticas cuando no exista cantidad suficiente empleando el mismo procedimiento.

Según indican distintas fuentes, el reciclado del PVC es tan antiguo como su fabricación. “El reciclado del PVC es sencillo y tecnológicamente viable” según la Asociación Argentina del PVC. Además según estudios de Red Internacional de Investigadores en Competitividad desarrollado por Ortega Moreno Irma “Se considera que el reciclado de PVC, originado a partir de los desechos post-consumo representa aproximadamente el 90% de todos los residuos PVC”, por otra parte otro dato curioso de este mismo estudio, se estima que la producción anual de PVC es de 35 millones de toneladas por año, siendo el 40% en productos como tuberías y saneamiento.

Conociendo estos datos, destaca la necesidad de conocer los métodos de reciclaje del mismo y poder implementarlo al producto.

Existen dos procesos principales del reciclaje del PVC:

**-Mecánico:** Es el más habitual, se recicla la materia procedente de desperdicios industriales y de productos post-consumo (blíster, tuberías...). Este proceso se basa en recoger, seleccionar, lavar y granular el PVC para su posterior reincorporación al mercado, y producir nuevos productos. Dependiendo del origen de la materia se pueden eliminar una o varias fases del proceso, simplificando en cierta forma el reciclado.

### III.4. Selección de material

**-Químico:** Se basan en un proceso químico que transforma la materia en elementos más simples pudiéndolos reciclar, básicamente se resume en convertir los residuos en un nuevo plástico para su reutilización.

Según la siguiente tabla se puede, comparar los diferentes procesos de tratamiento de este plástico después de finalizar su vida útil, siendo de interés para este trabajo el proceso de reciclaje mecánico, pues se trata del proceso que permite recuperar gran parte de la materia prima con un coste medio y un grado de contaminación bajo, aunque sea un proceso altamente sensible a la presencia de otros materiales, será de especial importancia el proceso selectivo de las fuentes del material.

Método de disposición	Sensibilidad a impurezas	Grado de contaminación generado	Costo	Productos resultantes	Propiedades del material reciclado	Disponibilidad de plantas en el mundo	Aceptación alrededor del mundo
Basureros	No sensible	Muy Alto	Bajo	Ninguno	Ninguna	Mucha	No aceptable
Incineración	Usualmente no sensible	Muy Alto	Usualmente bajo	Energía	Energía no eficiente	Mucha	No aceptable
Reciclaje mecánico	Altamente sensible	Bajo	Costo medio	PVC	Dependiendo del origen	Mediana	Altamente aceptable
Reciclaje químico	Relativamente sensible	Usualmente bajo	Usualmente alto	Diferentes plásticos	Dependiendo del origen	Pequeña	Poco aceptable

Ilustración 53. Fuente: RECICLADO DE PVC: MEDIDA ECOLÓGICA Y OPORTUNIDAD DE NEGOCIO EN LA ELABORACIÓN DE LÁMINAS PARA DE TECHO

Los procesos para el reciclaje mecánico del PVC es el que se muestra a continuación:

### III.4. Selección de material

1	Se compra el material para reciclar el cual puede ser desperdicio de otros procesos de producción, productos médicos defectuosos, empaques, envases y otros.
2	Selección: Se clasifica y divide el material, de acuerdo a su dureza, la cual permitirá dividirlo de acuerdo a las características necesarias para cumplir con los estándares de calidad a saber: cohesión, elasticidad,
3	Molido: Pasa al molino donde se destruye mecánicamente hasta convertirlo en gránulos.
4	Compactado: Se pasa el material molido para su compactación. Se realiza control de calidad, si cumple con las características pasa al siguiente paso.
5	Integración: Se pasa a la extrusadora donde se le integran los aditivos antibloqueantes, estabilizadores y plastificantes, en este proceso se inicia la homogenización del producto para peletizar con enlaces
6	Molido: Se realiza un nuevo molido del producto para conseguir la total homogeneidad.
7	Laminado: Se realiza un cambio de cabezal en la extrusadora, colocando el material peletizado dentro para extruirlo y al pasar por los rodillos se realice el laminado del producto y tome su forma final.
8	Enfriado: La lámina pasa a la tina de enfriamiento para posteriormente pasar al área de producto final.

Ilustración 54. Fuente: RECICLADO DE PVC: MEDIDA ECOLÓGICA Y OPORTUNIDAD DE NEGOCIO EN LA ELABORACIÓN DE LÁMINAS PARA DE TECHO.

Hay que remarcar especialmente, que el proceso de reciclado puede favorecer en la fabricación del producto, siendo de interés aprovechar el laminado del reciclado en el proceso de fabricación de la lámina perforada del retenedor, se explicará especialmente este punto en el apartado III.7.Fabricación.

# III.5. SIMULACIÓN FEM.

Para la realización de este apartado se empleará el software SolidWorks Simulation, se pretende encontrar el diseño óptimo mediante el cálculo de elementos finitos, para reducir en cuanto se pueda el espesor del modelo, manteniendo su funcionalidad durante su vida útil, teniendo siempre en cuenta la economización del producto.

## III.5.1. ESTUDIO ESTÁTICO.

Debido a que el modelo se encontrará en reposo en el tiempo, salvo cuando se realice el mantenimiento en alguna ocasión de forma estocástica. Se planteará el cálculo FEM como estático.

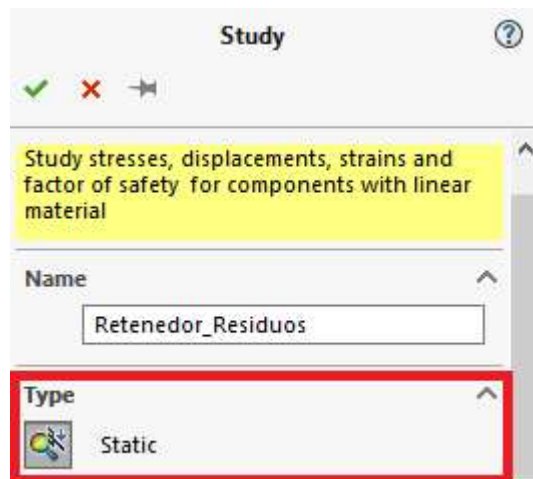


Ilustración 55. Análisis estático

Se parte del modelo diseñado en apartados anteriores para el imbornal de mayor tamaño, planteando el cálculo para el caso más desfavorable, se utilizará el análisis paramétrico de Solidworks para poner el espesor como una magnitud variable, pudiendo modificar dicho valor en todas las funciones realizadas durante el diseño. De esta forma, a la hora de calcular en la simulación se podrá modificar el espesor dependiendo de los resultados de una manera más fácil. Se partirá de un espesor de la cesta y de la bolsa perforada de 1mm.

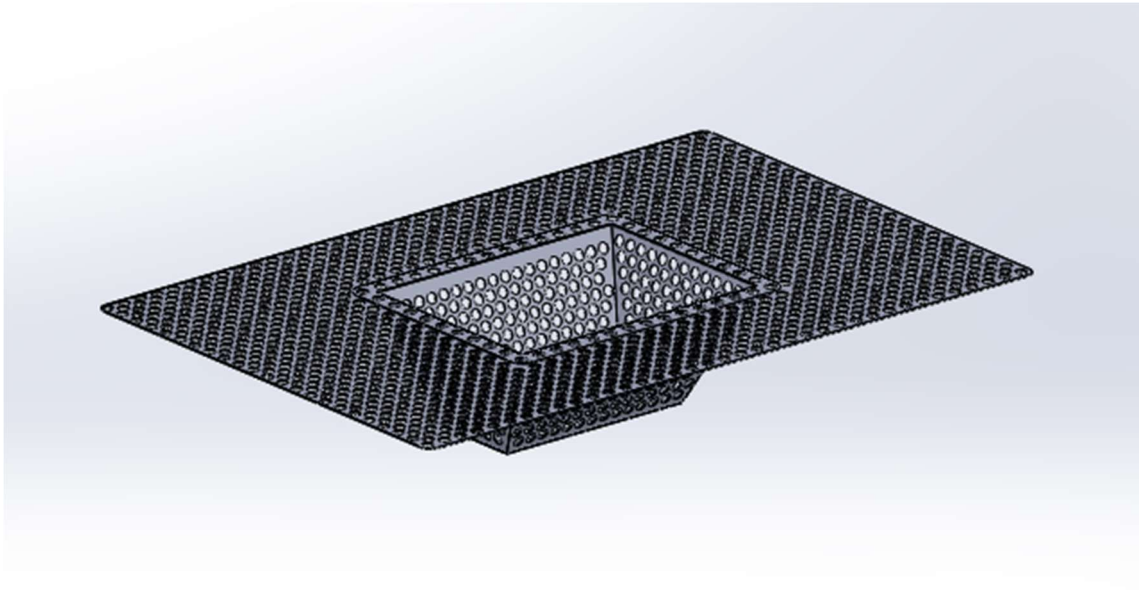


Ilustración 56. Modelo final diseñado.



Ilustración 57. Simulación del modelo que se empleará para el cálculo FEM, retenedor de residuos instalado en imbornal R965D4-FP.

En el diseño del retenedor se deberá colocar un sistema de coordenada auxiliar en el centro del dispositivo que sirva como referencia, por debajo de este se simulará la presencia de fluido, con un peso específico de  $1170\text{Kg}/\text{m}^3$  tal y como se realizó en III-3.2. Cálculos estáticos

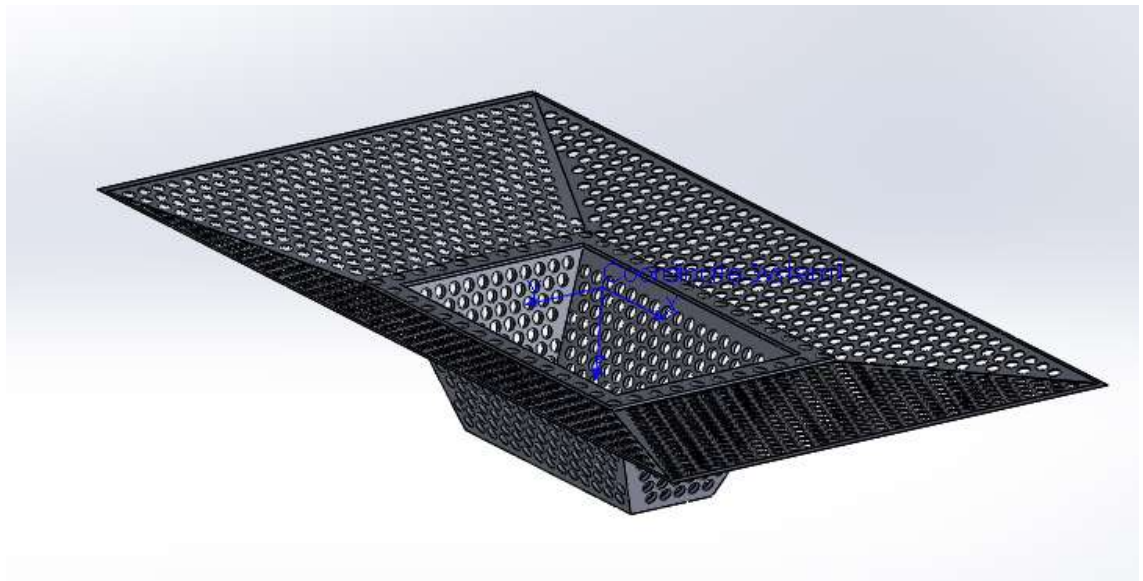


Ilustración 58. Modelo con sistema de coordenadas en su centro, indicando el eje Z negativo hacia abajo.

### III.5.2. ANÁLISIS FEM:

Se añadirá el material PVC y se establecerá la carga planteada en los cálculos. Se considerarán cada una de las caras como soldadas o fijas debido a que, en el imbornal no se permite el giro ni el desplazamiento (empotramiento) una vez situado dentro del imbornal. Además de todo ello se añadirá la conexión entre cesta y bolsa perforada mediante pasadores.

### III.5. Simulación FEM

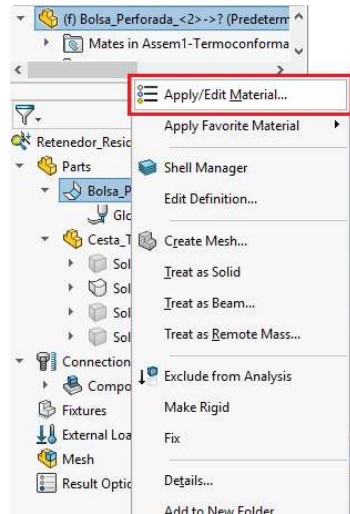


Ilustración 59. Se añade el material a los dos sólidos.



Ilustración 60. Se selecciona el material y se comprueba que las características no difieren demasiado respecto al material seleccionado en el apartado III.4.3 Material Seleccionado.

### III.5.2.1 Fijaciones y conexiones:

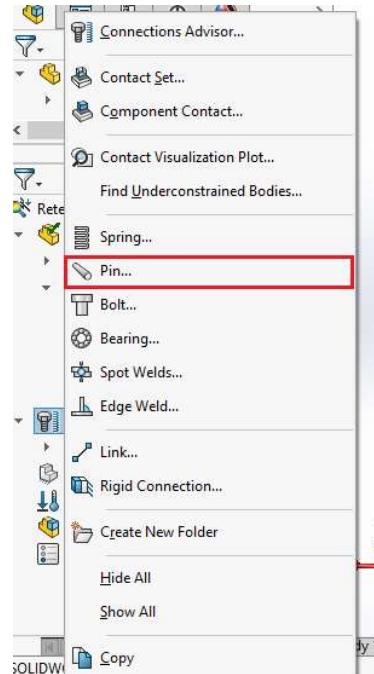


Ilustración 61. Se asignan las conexiones entre ambas piezas, mediante la función pasador.

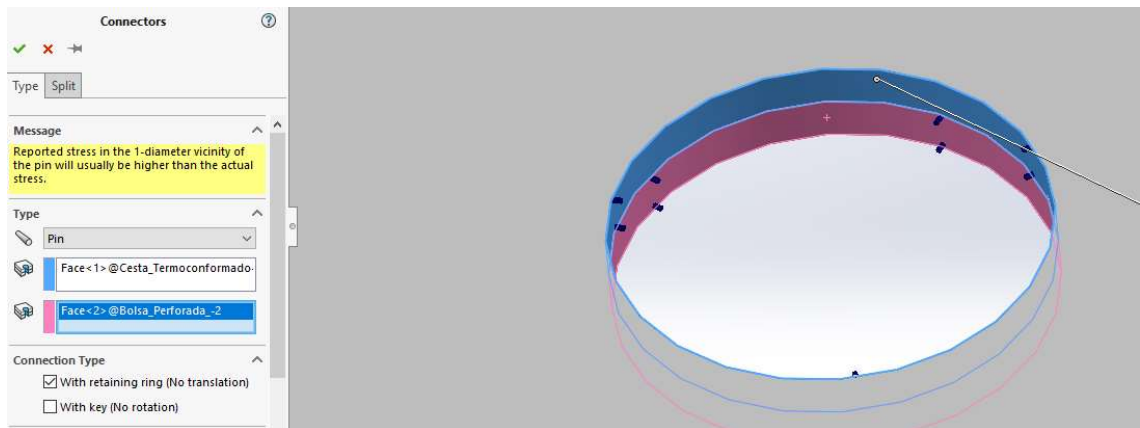


Ilustración 62. Se indican las caras de la cesta y la bolsa perforada donde irá el pasador, se repite este paso para cada una de las esquinas de la cesta, para que cuando el retenedor esté lleno de residuos no se desfonde y se separe la cesta de la bolsa.



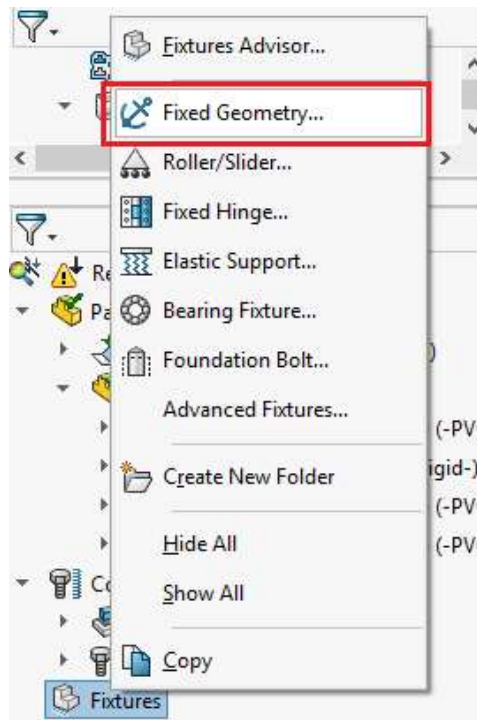


Ilustración 63. Se fija cada una de las caras de la bolsa perforada, pues estas se mostrarán como un empotramiento, es decir, no podrán desplazarse ni girar una vez instalado en el sumidero.

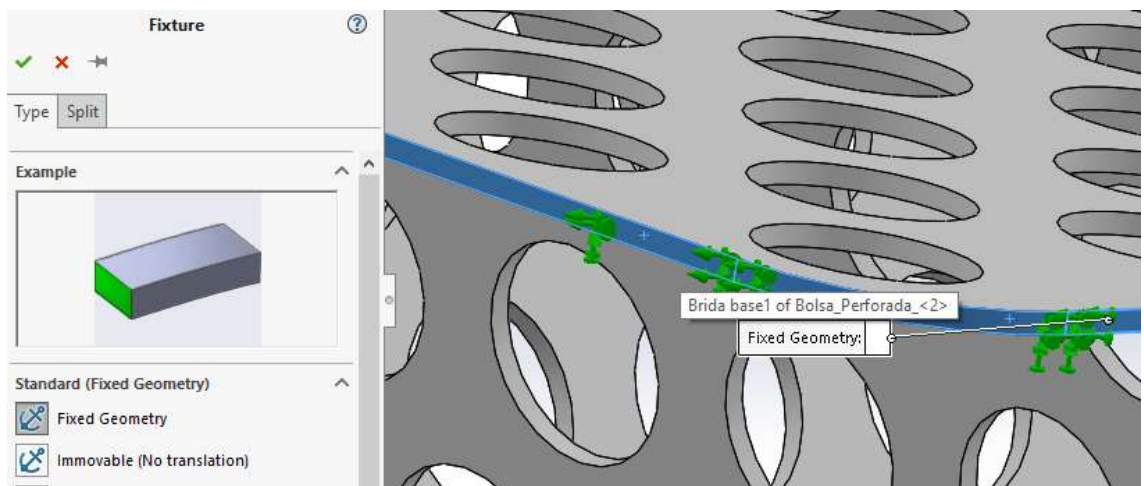


Ilustración 64. Fijación de cada cara de la bolsa perforada.

### III.5.2.2 Aplicación de la fuerza:

Las fuerzas se aplicarán como si se tratase de un cálculo hidrostático, con una carga no uniforme, es decir, la carga será mayor a medida que la cota de líquido sea mayor.

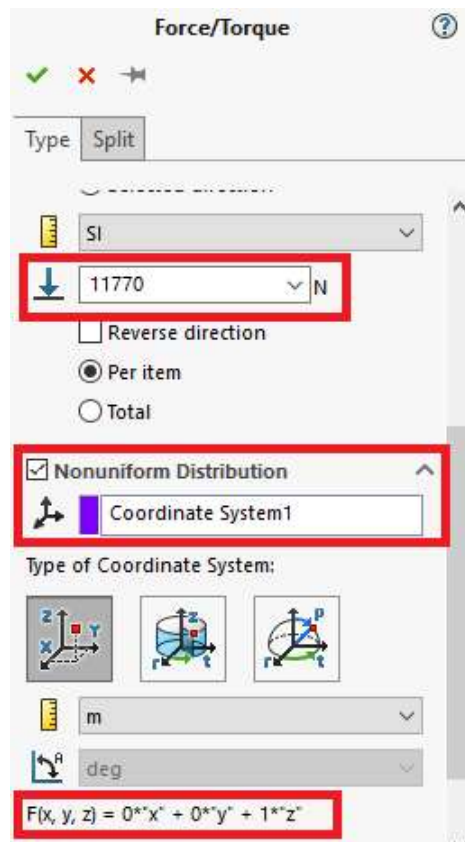


Ilustración 65. Se aplica la fuerza en el dispositivo escogiendo el sistema de coordenadas planteado anteriormente.

### III.5.2.3 Creación de la malla:

Se procede a que el programa genere el mallado de los componentes con un tamaño de mallado medio, se planteará este mismo tamaño de malla para los espesores siguientes, aunque para el cálculo final se realizará un refinamiento de la misma.

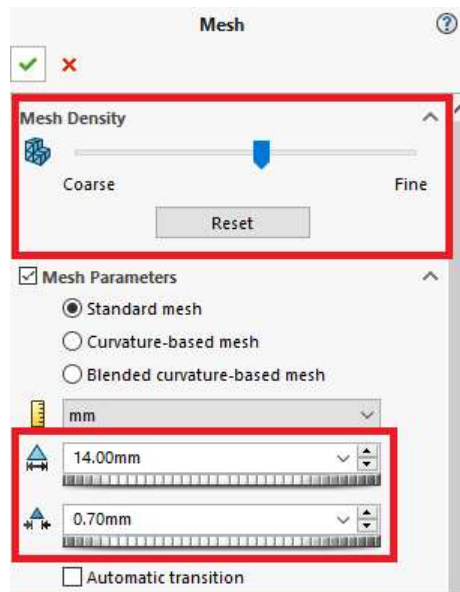


Ilustración 66. Creación de la malla.

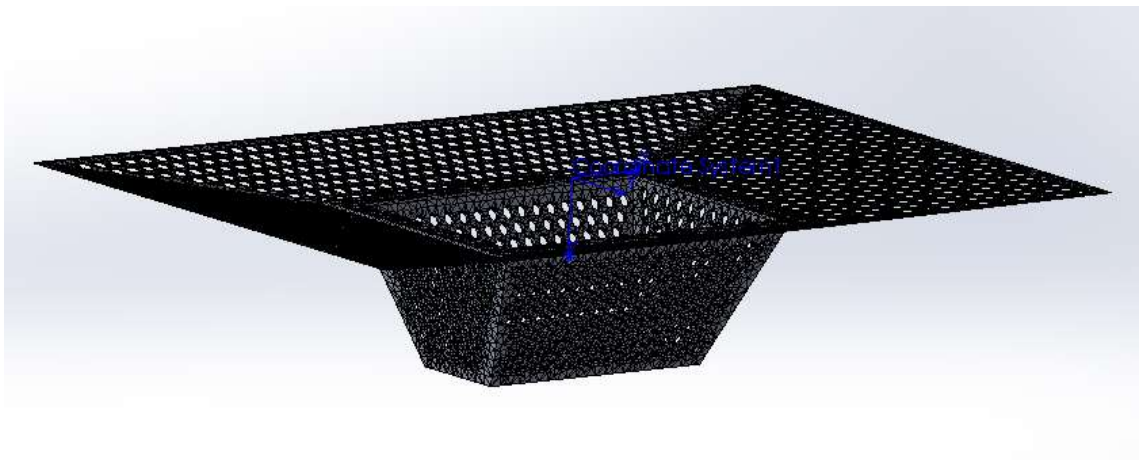


Ilustración 67. Mallado del dispositivo.

### III.5.2.4 Cálculo

Se procede a calcular y a la obtención y síntesis de los resultados variando el espesor de ambas piezas.

### III.5. Simulación FEM

Espesor de la BP (mm)	Espesor de la Cesta (mm)	Tensión VM (N/m <sup>2</sup> )	Deformación unitaria. (máx.)	Deformación (mm)
1	1	7.6*10 <sup>9</sup>	24.5	83.5
1	1.5	1*10 <sup>9</sup>	35.75	89
1	1.75	1.1*10 <sup>9</sup>	39	86
1	2.2	1.18*10 <sup>9</sup>	40	82

Tabla 11. Resumen de los cálculos mediante FEM.

Debido a la imposibilidad de mejorar los resultados, se añade un nuevo elemento en forma de asa en la cesta para reducir en parte la deformación que se produce en el punto más crítico, que es en la cesta, y mejorar la ergonomía del dispositivo. Supondrá un aumento de los costes pero se reducirá las deformaciones que puedan darse.

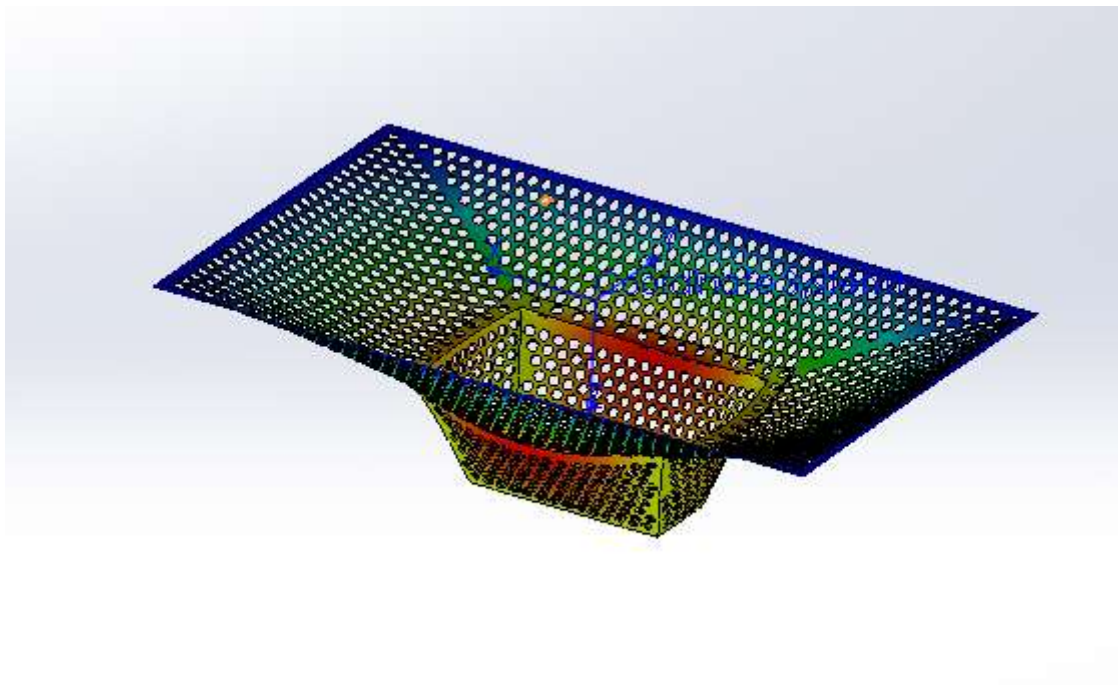


Ilustración 68. Imagen de los resultados en deformación del análisis FEM mediante el programa SolidWorks 2017.

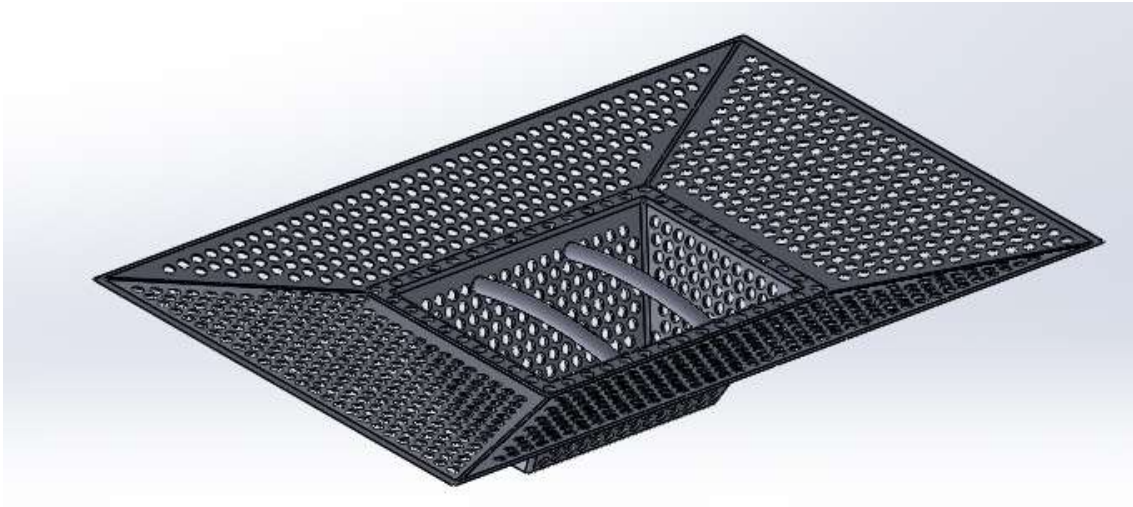


Ilustración 69. Añadir asas para la extracción de residuos disminuyendo las deformaciones en el retenedor.

Espesor de la BP (mm)	Espesor de la Cesta (mm)	Tensión VM (N/m <sup>2</sup> )	Deformación unitaria. (máx.)	Deformación (mm)
1	2.5	9.6*10 <sup>8</sup>	29	61

Tabla 12. Tabla resumen del cálculo después de añadir las asas.

Se aprecia una elevada tensión debido a la presencia de concentradores de tensiones, es por ello que se añadirán redondeos de radio 5mm de forma estratégica para reducir esta problemática.

Espesor de la BP (mm)	Espesor de la Cesta (mm)	Tensión VM (N/m <sup>2</sup> )	Deformación unitaria. (máx.)	Deformación (mm)
1	2.5	5.5*10 <sup>8</sup>	18	45

Tabla 13. Tabla resumen del cálculo FEM después de añadir los redondeos, se aprecia una notable mejora.

### III.5. Simulación FEM

Se observa en esta última tabla como han disminuido los valores, se realiza un último estudio, disminuyendo aún más el espesor y eliminando concentradores de tensión restantes, se pretende alcanzar un factor de seguridad de 2, tal y como se especificó en los cálculos, es por ello importante calcular la tensión de VM máx. que se podrá que alcanzar:

$$\text{Factor de seguridad} = \frac{\text{Módulo elástico del material}}{\text{VM resultante}} = \frac{2.48 * 10^{9N}/m^2}{\text{VM resultante}} = 2$$

Por tanto, la VM resultante tendrá que ser la mitad del módulo elástico del material, es decir,  $1.24 * 10^9 \text{ N/m}^2$ . Es posible por ello, reducir el espesor.

Espesor de la BP (mm)	Espesor de la Cesta (mm)	Tensión VM (N/m <sup>2</sup> )	Deformación unitaria. (máx.)	Deformación (mm)
0.75	2	$6.8 * 10^8$	19	55
0.75	1.5	$9.18 * 10^8$	23	62
0.7	1.3	$1.29 * 10^9$	27	67

Tabla 14. Resultados finales de análisis FEM.

#### III.5.3. RESULTADO FINAL

Finalmente, se concluye el cálculo FEM con un espesor de bolsa perforada de 0.7mm y de cesta de 1.3mm. Con una tensión de VM de  $1.29 * 10^9$  lo que determina un factor de diseño cercano a 2. Con una deformación 67mm respecto a su posición de reposo, no siendo este resultado de demasiada importancia, pues al tratarse de una bolsa puede deformarse con facilidad. Y una deformación unitaria de 27mm. En las siguientes ilustraciones se observan los resultados finales.

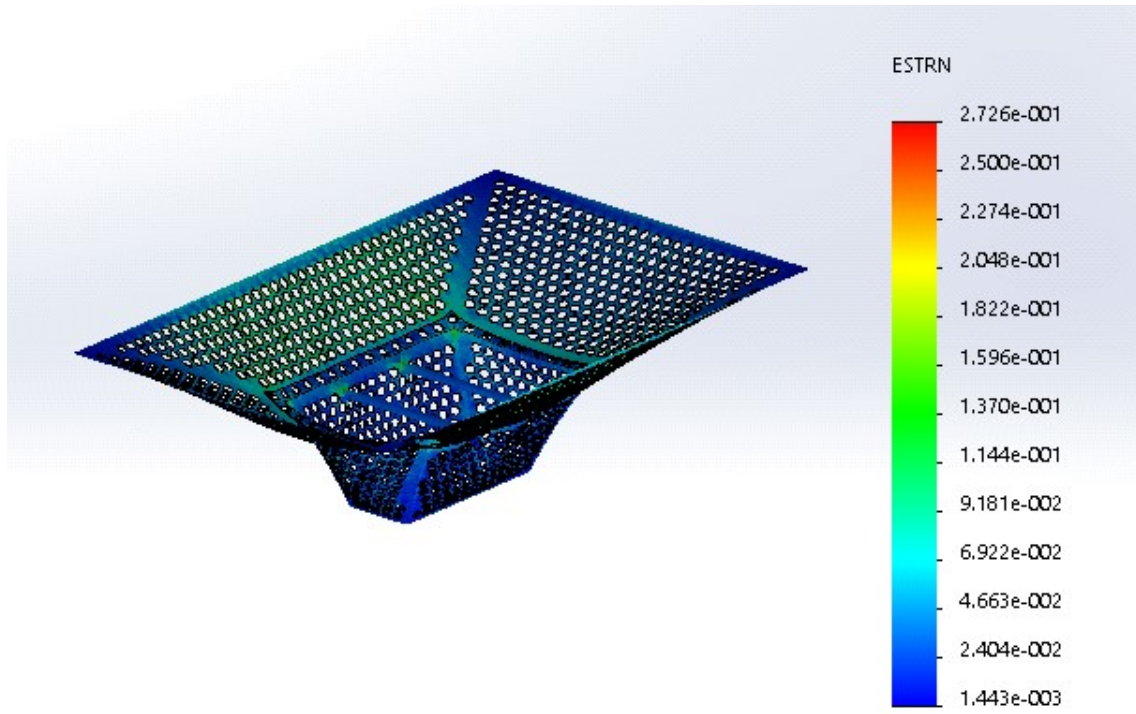


Ilustración 70. Resultado del análisis FEM para un espesor de bolsa y cesta de 0.7mm y 1.3mm respectivamente.

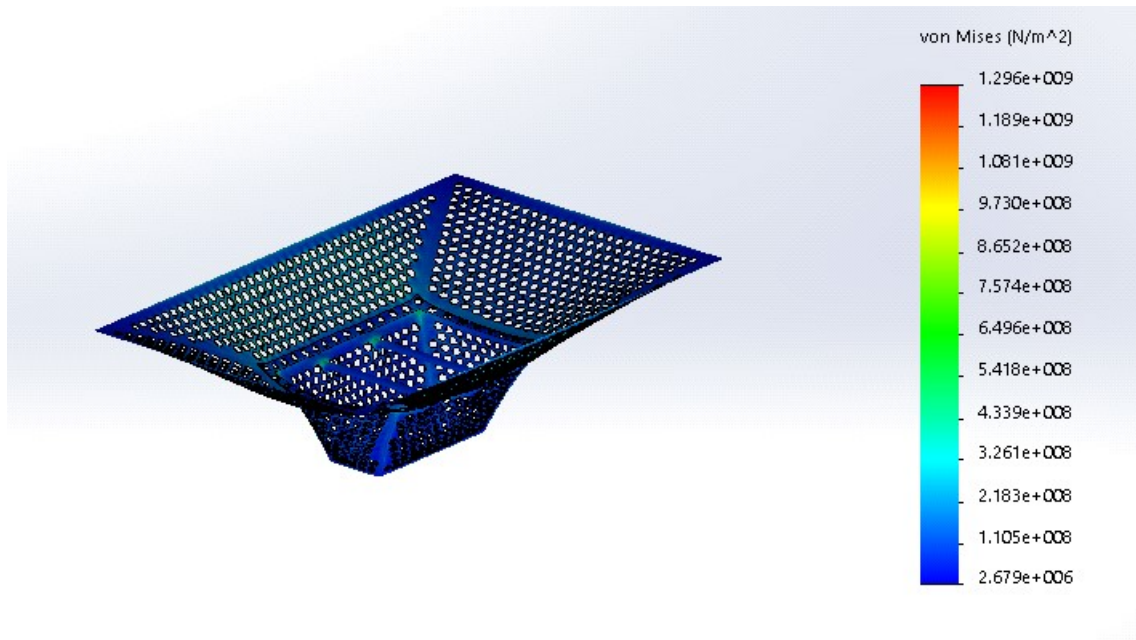


Ilustración 71. Resultado del análisis FEM para un espesor de bolsa y cesta de 0.7mm y 1.3mm respectivamente.

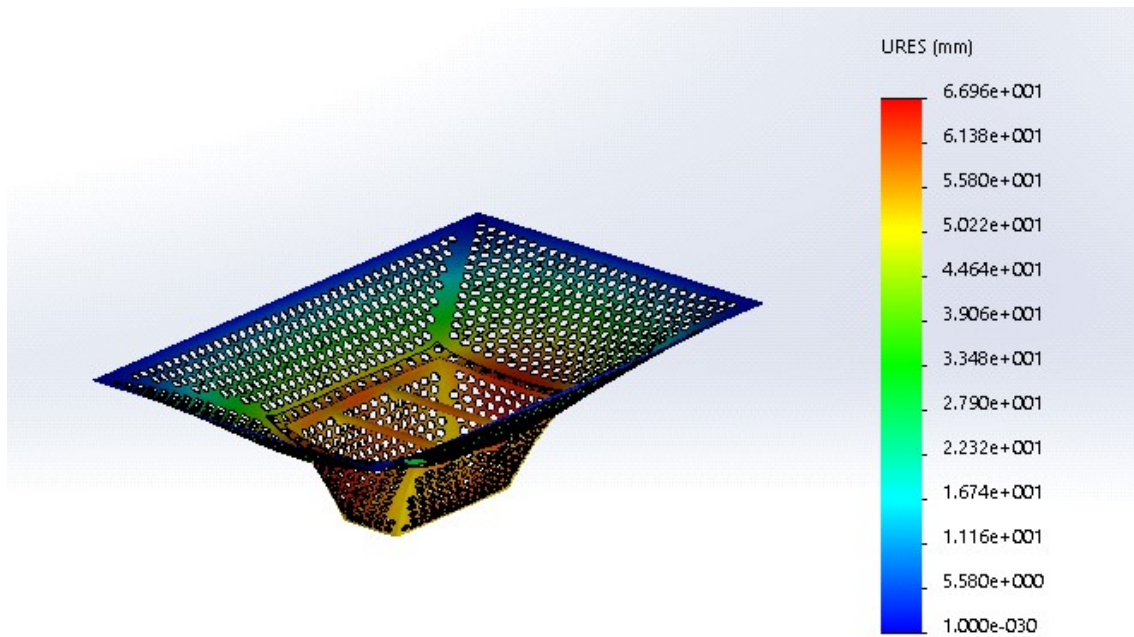


Ilustración 72. Resultado del análisis FEM para un espesor de bolsa y cesta de 0.7mm y 1.3mm respectivamente.



## III.7. Fabricación

---

# III.7. FABRICACIÓN.

## III.7.1 SELECCIÓN DEL PROCESO DE FABRICACIÓN

De la misma forma que la selección del material, desarrollada en el apartado III.4., se utilizará la herramienta CesEduPack 2018 para seleccionar el proceso de fabricación más idóneo, según el material finalmente seleccionado (PVC Rígido) y los requisitos de establecidos por el proyectista en el apartado III.1.1 Requisitos de diseño. Los aspectos a tener en cuenta en el proceso de fabricación, son por tanto:

- Tal y como se expuso en los objetivos particulares: “El proceso fabricación que se seleccione debe ser coherente con el diseño del modelo y el material seleccionado, además de tener siempre en cuenta el coste”.

-El coste del dispositivo debe de tener un coste inferior a 5€/unidad.

-Debe garantizar una tolerancia dimensional de  $\pm 3\text{mm}$  para la bolsa perforada y cesta.

-El proceso de fabricación debe ser compatible con el material seleccionado.

Tal y como se especificó en el apartado III.4.3.1 Proceso de reciclado de PVC, se pretende aprovechar el laminado del reciclado de PVC e incorporarlo a la cadena de producción, ahorrando de esta manera, el recalentamiento y los procesos de reciclado posteriores, así como el empaquetado de la materia reciclada.

Como es lógico pensar, el proceso de fabricación de la cesta y de la bolsa perforada difícilmente será el mismo, pues su geometría no es igual. Es por ello que se analizará ambas piezas por separado.

### III.7.1.1 BOLSA PERFORADA

Indicando en el software CesEduPack 2018 los diferentes procesos de fabricación para el material, y añadiendo las características del modelo, así como la forma (Shape) indicando pieza de poco grosor (Flat sheet). Se realiza un nuevo chart de atributos físicos (Physical Attributes) que mostrará la velocidad de corte (Cutting speed) pues lo más lógico es obtener la mayor velocidad de corte para la fabricación de los agujeros y el corte de la propia pieza sea lo más veloz posible.

Se añade, un rango de tolerancia de  $\pm 3\text{mm}$ .

Se añade el coste medio por unidad, para filtrar la búsqueda del proceso de fabricación, sabiendo que el coste final del retenedor no debe ser superior a 5€, se puede estimar de forma aproximada que el coste de fabricación deberá ser de como máximo de 2€, pues, habrá que incluir coste del material, coste del personal, electricidad y demás aspectos que se tendrá en el apartado III.9. Estudio Económico.

Indicando esto en el programa, se obtiene que la forma óptima de fabricación es el troquelado de la lámina, troquelando todos los orificios y perímetro de la bolsa perforada de forma simultánea.

### III.7.1.2 CESTA

Se procede de la misma manera para la fabricación de la cesta perforada, indicando los requisitos pertinentes, se obtiene que la forma más factible de fabricación de la pieza es mediante dos pasos, primeramente mediante el troquelado de los orificios de la cesta desplegada, y un segundo proceso mediante moldeo de compresión, de esta forma se

### III.7. Fabricación

podría obtener el menor coste unitario aprovechando también el laminado del reciclaje de PVC.

Ventajas:

- Diseño sencillo de moldes.
- Bajo coste de fabricación y moldeo.
- Desechos de material relativamente bajos.
- Buen acabado superficial.

Desventajas:

- La temperatura debe ser controlada para que se enfríe homogéneamente.

En un inicio, puede parecer más evidente la fabricación de la cesta mediante termo formado, pero este proceso es inviable pues no se tiene la capacidad de hacer vacío con los orificios. Es por ello, que finalmente se elige moldeo por compresión empleando como preforma la lámina troquelada.

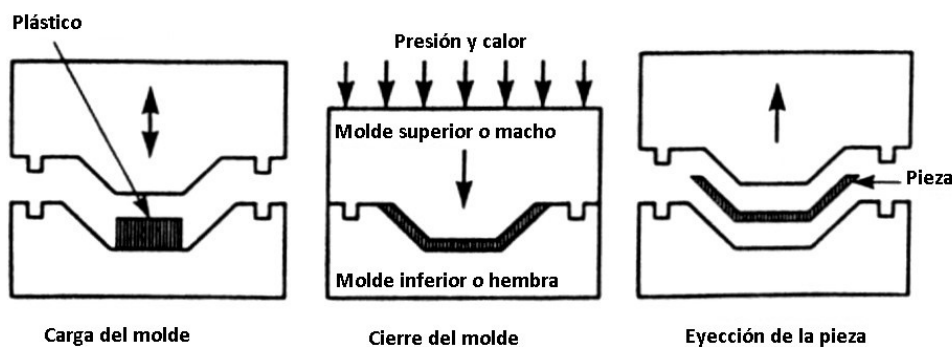


Ilustración 73. En esta ilustración puede observarse la fabricación por moldeo por compresión de una pieza, en el caso de la cesta, se partirá de la lámina troquelada y posteriormente se adoptará la forma.

## III.7. Fabricación

### III.7.1.3 PASADORES Y ASAS

Tanto los pasadores como las dos asas, se comprarán a un proveedor, no viendo factible por parte del proyectista la fabricación de estos componentes para el precio que tienen en el mercado.

Los pasadores serán de diámetro menor o igual a 10mm para que puedan ser incorporados entre la cesta y la bolsa, para evitar desfondamiento y facilitar la tarea de limpieza, pudiendo separar la cesta del retenedor.

Las asas que se añadirán tendrán un diámetro menor o igual a 10mm para que pueda ser incorporado a la cesta, las asas serán de la forma más sencilla, una especie de cuerda que facilite al operario la extracción de los residuos y también reduzca la deformación que se pueda producir.

### III.7.2 CÁLCULOS DE FABRICACIÓN

Se pretende hacer un cálculo genérico de fuerza cortante necesaria para la fabricación de los dispositivos.

#### III.7.2.1 BOLSA PERFORADA

Tal y como se ha comentado anteriormente la bolsa perforada presenta 1231 orificios de Ø10mm, además será necesario los cortes del perímetro de la lámina, es decir, el rectángulo exterior de 695\*430mm y el rectángulo interior de 190\*270mm.

Conociendo la tensión de rotura a cortante del PVC Rígido, se puede calcular la fuerza necesaria para recortar la lámina de 0.7mm de espesor. Según CesEduPack 2018, el módulo a cortante es de aproximadamente 122Mpa, por tanto:

Área a cortante:

$$A = \left( \frac{\pi * 2 * 10}{2} * 1231 + (695 + 430 + 190 + 270) * 2 \right) * 0.7 = 41843mm^2$$

Esfuerzo cortante:

$$\tau = \frac{F}{A} \rightarrow F = \tau * A = 5.1 * 10^6 \text{N}$$

$$Tn = \frac{5.1 * 10^6}{9.81 * 1000} = 520Tn$$

Debido a que la fuerza que debe ejercer el troquel es demasiada, no se podrá efectuar el troquelado de una sola vez, si no en varios pasos. De esta forma, con una prensa de 100Tn será más que suficiente.

### III.7.2.2 CESTA

De la misma forma que en la bolsa perforada, los orificios de la cesta se realizarán con una troqueladora. Aunque esta vez, primeramente se troquelaran todos los orificios, posteriormente se adaptará la forma de la cesta mediante moldeo por compresión y será después cuando pase a un segundo proceso de troquelado para eliminar la merma, obteniendo la forma rectangular de la parte superior.

Área cortante de los orificios:

$$A = \frac{\pi * 2 * 10}{2} * 5 * 499 * 1.3 = 20379.51 \text{mm}^2$$

Fuerza cortante necesaria para los orificios:

$$\tau = \frac{F}{A} \rightarrow F = \tau * A = 2.48 * 10^6 \text{N}$$

$$Tn = \frac{2.48 * 10^6}{9.81 * 1000} = 240Tn$$

Después del troquelado, se dará la forma mediante el moldeo por compresión, será necesario, calentar la lámina troquelada entre los 80-88 C° según indica CesEduPack como la temperatura de cristalización o también conocida como Tg.

Para fabricar el molde, aspecto que se aleja de los objetivos de este trabajo, habrá que tener distintas consideraciones, entre otras es de destacar: Se tendrá en cuenta el tratado de los componentes al ácido clorhídrico que se produce en el conformado del PVC, se

### III.7. Fabricación

---

deberá compensar la contracción del material en un 0.4% y se deberá tener en cuenta el sistema de desmoldeo pertinente.

Después del moldeo por compresión, se troquelará el perímetro de la cesta, eliminando la merma que pueda quedar, es por ello necesario calcular nuevamente para el perímetro la fuerza cortante necesaria.

Área a cortante de las pestañas superiores:

$$A = (305 * 2 + 255 * 2) * 1.3 = 1456mm^2$$

Esfuerzo cortante de las pestañas superiores:

$$\tau = \frac{F}{A} \rightarrow F = \tau * A = 1.77 * 10^5 N$$

$$Tn = \frac{1.77 * 10^5}{9.81 * 1000} = 18Tn$$

# III.8. DISEÑO FINAL.

Llegados a este punto, se tendrá en cuenta todos los apartados desarrollados hasta el momento a modo de síntesis.

El diseño óptimo concluido en este trabajo es el de un retenedor con capacidad de poder instalarse en los diferentes tipos de imbornales presentes en el mercado, (Dimensiones dadas en los planos del apartado VI. APÉNDICES). Se trata de un dispositivo formado por una bolsa y una cesta perforada. Añadiendo en esta última 4 pasadores para evitar el deslizamiento entre ambas piezas. Además de ello, según lo discutido en el apartado III.5. Simulación FEM, se incorporan a la cesta unas asas para mejorar la rigidez del dispositivo, reduciendo las deformaciones, y paralelamente aumentando su ergonomía en las tareas de limpieza.

El dispositivo tendrá un conjunto de 1780 orificios de diámetro 10mm siendo esta cantidad suficiente para no generar una reducción de caudal en el imbornal.

El material seleccionado es el PVC rígido reciclado, debido sus propiedades mecánicas, su bajo precio, su muy buen comportamiento en medios ácidos, y su baja absorción a la humedad. Además de todo ello, reducir en cierta forma la contaminación reutilizando PVC Rígido proveniente de fuentes tales como tuberías, tarjetas de crédito, baldosas plásticas y blíster entre otros.

El proceso de fabricación seleccionado viene condicionado por el proceso de reciclaje, se pretende aprovechar el laminado del reciclaje para fabricar el producto, y de esta manera reducir costes. Es por ello, que la bolsa perforada se fabricará por troquelado, troquelando los orificios y el contorno de la pieza, por otra parte, la cesta, de un modo parecido a la bolsa perforada, se realizará por troquelado de los orificios de la cesta desplegada y luego se dará forma por moldeo por compresión. En cuanto a los pasadores y las asas serán suministradas por un proveedor, debido a su bajo coste, pues no sería rentable adquirir maquinaria para producir estas piezas de tan bajo coste.

### III.8. Diseño final

En las siguientes ilustraciones se observa el dispositivo instalado en un imbornal.



Ilustración 74. Retenedor definitivo instalado en imbornal de rejilla C-250.



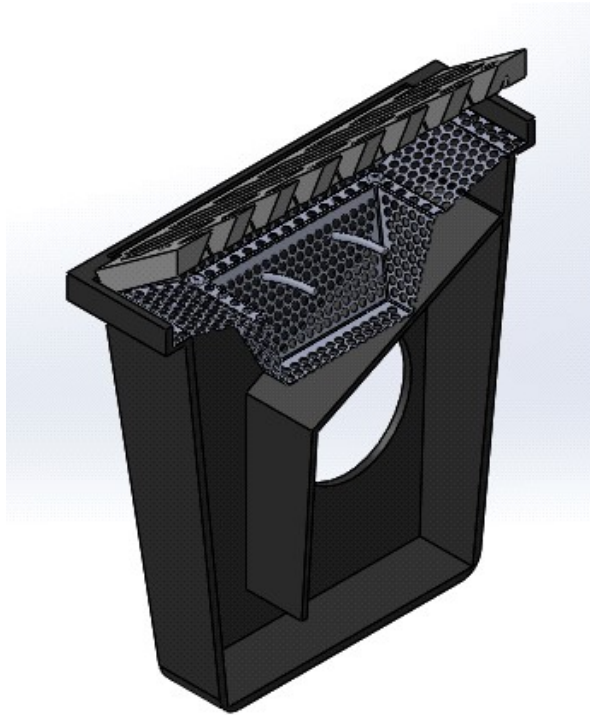


Ilustración 75. Retenedor definitivo instalado en imbornal de rejilla C-250.

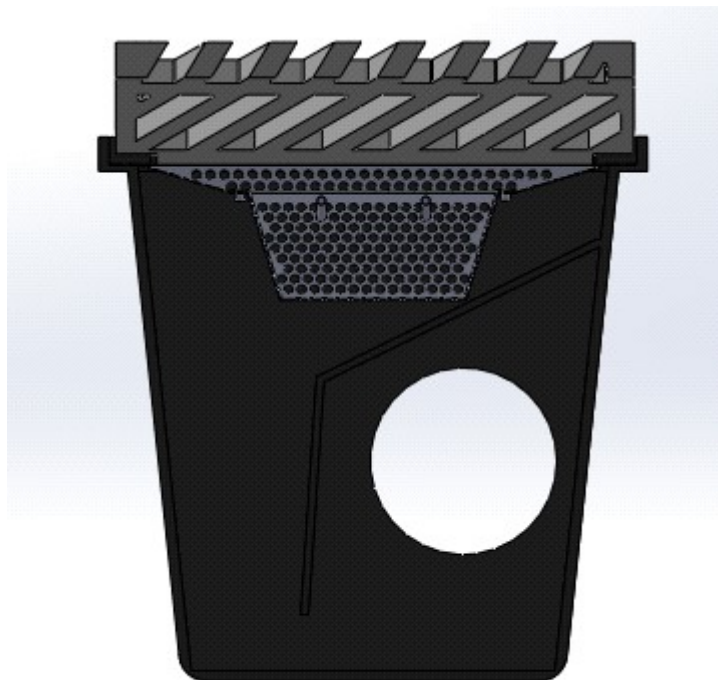


Ilustración 76. Retenedor definitivo instalado en imbornal de rejilla C-250.

## III.9. ESTUDIO ECONÓMICO.

En el siguiente apartado se calculará el coste del producto final analizando la maquinaria necesaria, la mano de obra y precio de los distintos componentes, inicialmente se planteará una demanda de 1M para el coste de amortización de la maquinaria y del diseño.

### III.9.1 MEDICIONES

Nº CONCEPTO	DESCRIPCIÓN	MEDICIÓN	PRECIO	IMPORTE
1	<b>DESARROLLO DEL PRODUCTO</b>			
1.1	Licencia Solidworks	1	6.000,00 €	6.000,00 €
1.2	Mano de obra ingeniería	250	40,00 €	10.000,00 €
1.3	Mano de obra supervisión	20	50,00 €	1.000,00 €
			Total:	17.000,00 €
			Lote (Ud)	1000000,00
			Coste unitario	0,02 €

Nº CONCEPTO	DESCRIPCIÓN	MEDICIÓN	PRECIO	IMPORTE
2	<b>FABRICACIÓN</b>			
2.1	Maquinaria			
2.1.1	Maquinaria reciclaje PVC	1	15.000,00 €	15.000,00 €
2.1.2	Troqueladora (100Tn)	4	6.000,00 €	24.000,00 €
2.1.3	Molde cesta	1	5.000,00 €	5.000,00 €
2.2.4	Troqueles	2	15.000,00 €	30.000,00 €
2.2.5	Máquina moldeo por compresión	1	15.000,00 €	15.000,00 €
			Total:	89.000,00 €
			Lote (Ud)	1000000,00
			Coste unitario	0,09 €

### III.9. Estudio económico

Nº CONCEPTO	DESCRIPCIÓN	MEDICIÓN	PRECIO	IMPORTE
3	<b>PRODUCTO</b>			
3.1	Materia prima (Cesta y BP) (Kg)	0,45	1,50 €	0,68 €
3.2	Pasadores (Remachres plásticos 10mm)	4	0,02 €	0,08 €
3.3	Asas (Cuerda Nylon 8mm) (m)	0,334	0,70 €	0,23 €
3.4	Tiempo de montaje y fabricación (min)	0,08	15,00 €	1,20 €
			<b>Total:</b>	<b>1,96 €</b>

	<b>IMPORTE</b>
TOTAL EJECUCIÓN:	2,18 €
13 % GASTOS GENERALES	0,28 €
6% BENEFICIO INDUSTRIAL	0,13 €
IVA (21%)	0,46 €
<b>COSTE TOTAL:</b>	<b>3,05 €</b>

Finalmente se concluye este apartado, dando un presupuesto aproximado de 3€/unidad, tal y como se expuso en los objetivos particulares apartado II.2., el precio se encuentra por el precio inicialmente estipulado de 5€/unidad.



# **IV. CONCLUSIONES**

# CONCLUSIONES

## V. Conclusiones

---

Las principales conclusiones de la realización del presente trabajo llevado a cabo son:

-Si es posible la fabricación de un retenedor de residuos que permita ser incorporado a los imbornales C-250 de tipo rejilla, solventando un problema aún presente en las calzadas y áreas públicas españolas.

-El dispositivo puede ser incorporado a los imbornales C-250 de mayor y menor tamaño, en caso de querer adaptar a cualquier otra dimensión de imbornal, el instalador podrá cortarlo con herramientas de corte, tipo Cutter.

-Sin mantenimiento, el problema continuará, aunque incorporando este tipo de retenedor, se mejoraría los tiempos y la facilidad de limpieza, que se traducen a una reducción del coste de mantenimiento a los ayuntamientos.

-El material seleccionado es el PVC rígido reciclado debido a ser un material barato, inerte con el agua, compatible con medios ácidos y no ser higroscópico.

-El espesor resultante del análisis FEM es de 0.7mm para la bolsa perforada y 1.5mm para la cesta.

-El proceso de fabricación se hará a partir del laminado proveniente del reciclaje del PVC, troquelando la lámina para la bolsa perforada y troquelando y realizando un conformado por compresión para la cesta. Los pasadores y asas serán suministrados por un proveedor.

-Finalmente, en lo referente al estudio económico, se determina un coste aproximado del producto de 3€/unidad.

# **V BIBLIOGRAFÍA**

# **BIBLIOGRAFÍA**

## V. Bibliografía



Téllez Alvarez, J; Gómez Valentín, M y Russo Beniamino (2015) Técnica para la obtención del campo de velocidad del flujo superficial en proximidad de rejillas de alcantarillado. Barcelona: E.T.S Universidad politécnica de Catalunya y Zaragoza: Escuela politécnica de la Almunia.

Rivera Nebot, A (2010). Las lluvias intensas de la Comunidad Valenciana: Generalidad y causas. Artículo recuperado de <http://www.tiemposevero.es>.

Ing Raúl A. Pedraza (2007) "Efectos de Escala sobre la Simulación del Flujo de Agua Superficial en Áreas Urbanas Usando Modelos Basados en la Onda Cinemática" Anexo II: La Hidrología Urbana y su Evolución Histórica (Tesis Doctoral).

Fernandez Perez, I (2009) Diseño asistido del sistema de sumideros de una población. (TFC). Barcelona: Universidad politécnica de Catalunya.

Pérez Díaz, JM (2015) Análisis de la eficiencia de rejillas de aguas pluviales mediante técnicas CFD. UPV: Escuela técnica de ingenieros industriales Valencia.

Diario de Cadiz (2014) "Arranca la campaña de limpieza de imbornales y alcantarillado". Recuperado de [https://www.diariodecadiz.es/sanfernando/Arranca-campana-limpieza-imbornales-alcantarillado\\_0\\_833016781.html](https://www.diariodecadiz.es/sanfernando/Arranca-campana-limpieza-imbornales-alcantarillado_0_833016781.html)

Aigua (2016) "Aqualia extrae más de 20.000 kilos de suciedad en la limpieza de imbornales en Barbate". Recuperado de <https://www.iagua.es/noticias/espana/aqualia/16/10/18/aqualia-extrae-mas-20000-kilos-suciedad-limpieza-imbornales-barbate>

Ortega Moreno, I; Coria Páez, A y Gonzalez Salgado, J (2016) Reciclado de PVC: Medida ecológica y oportunidad de negocio en la elaboración de láminas para de techo.

Boletín Técnico N°17 (2015) Asociación Argentina del PVC: El PVC y el reciclaje.

Benito Urban catálogo comercial (2018)

Grupo Fabregas catálogo comercial (2017)

## **V. Bibliografía**

---

GLS Prefabricados catálogo comercial (2018)

Tesis Doctoral: “Efectis de Escala sobre la simulación del Flujo de Agua Superficial en Áreas Urbanas Usando Modelos Basados en la Onda Cinemática” Anexo II: La Hidrología Urbana y su Evolución Histórica.

Las lluvias intensas en la Comunidad Valenciana: Generalidades y causas. Antonio Rivera Nebot



## **VI. APÉNDICES**

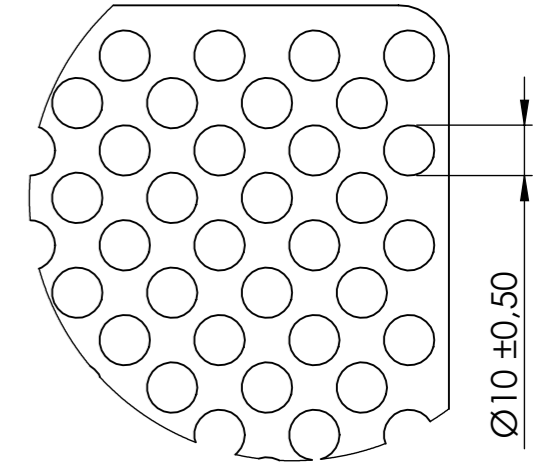
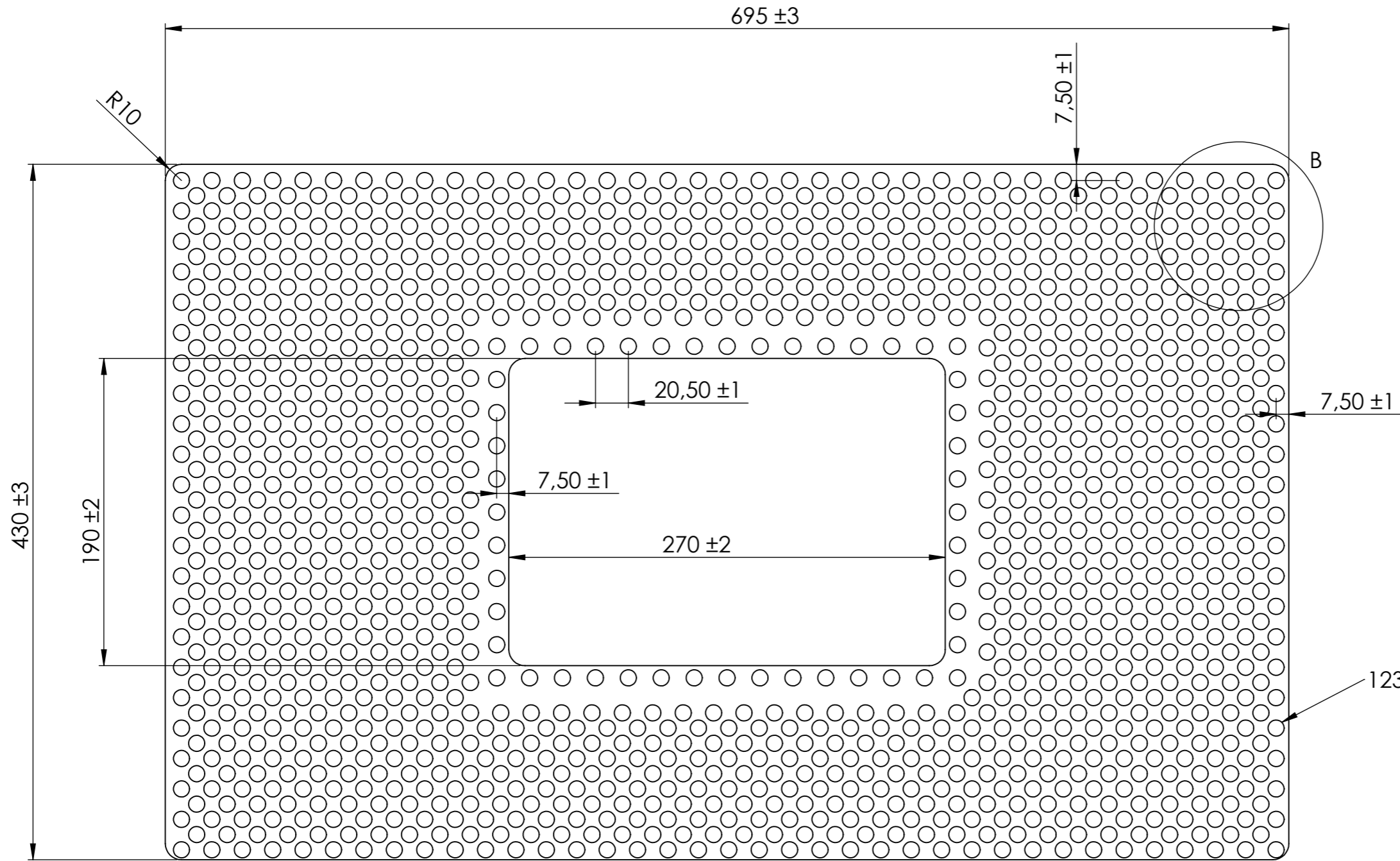
# APÉNDICES

## **VI. Apéndices**

---

### **VI.1. PLANOS ACOTADOS.**

# BOLSA PERFORADA



VISTA DETALLE B  
2:3

0,70 ±0,30

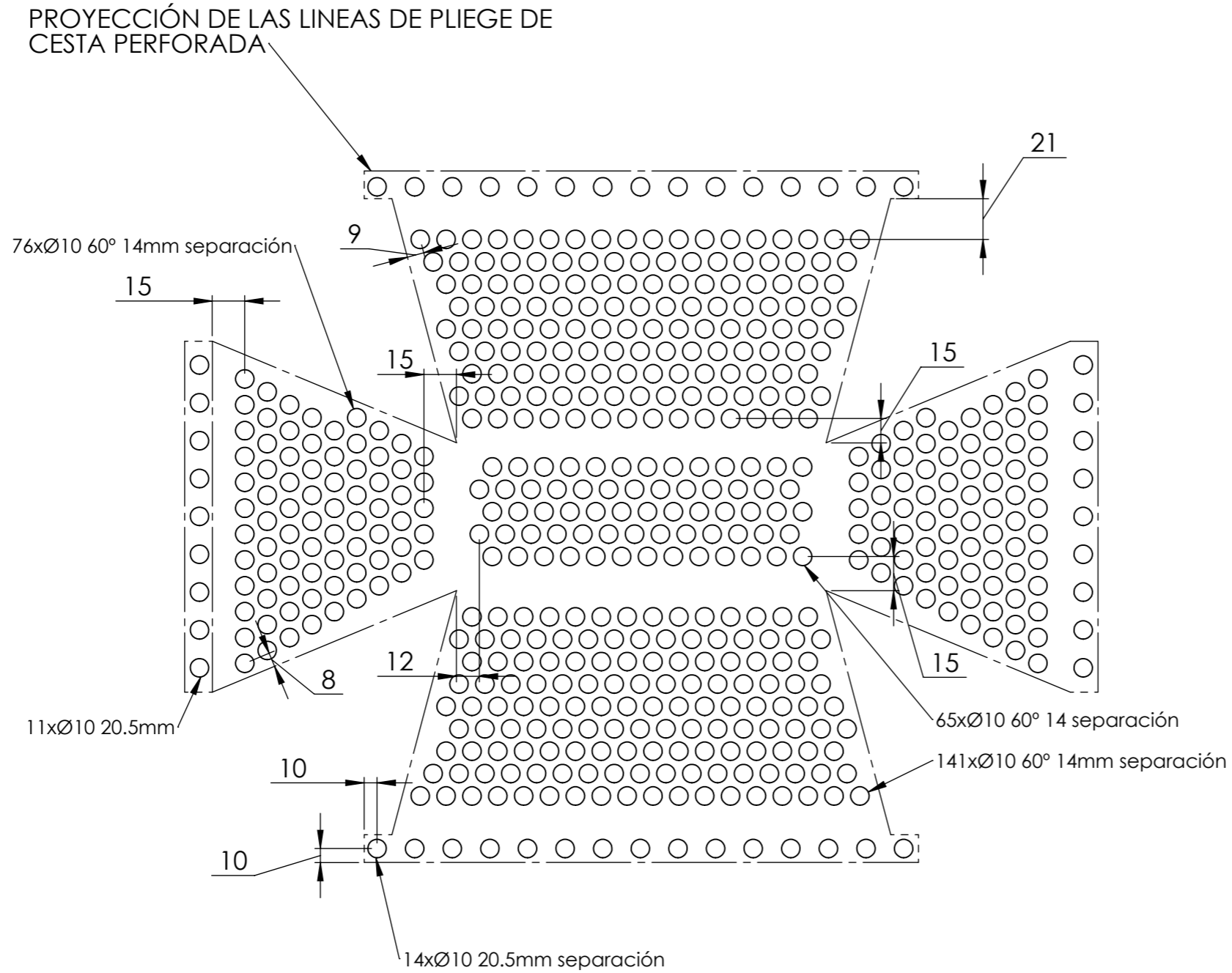
	Fecha	Nombre	Firmas
Dibujado	11/03/19	MSM	
Comprobado			
Ids normas			
Escala	Designación:		Número de plano:
1/3	PLANO BOLSA PERFORADA RETENEDOR DE RESIDUOS		N001
			Sustituye a: No aplica
			Sustituído por: No aplica



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA

CAMPUS D'ALCOI

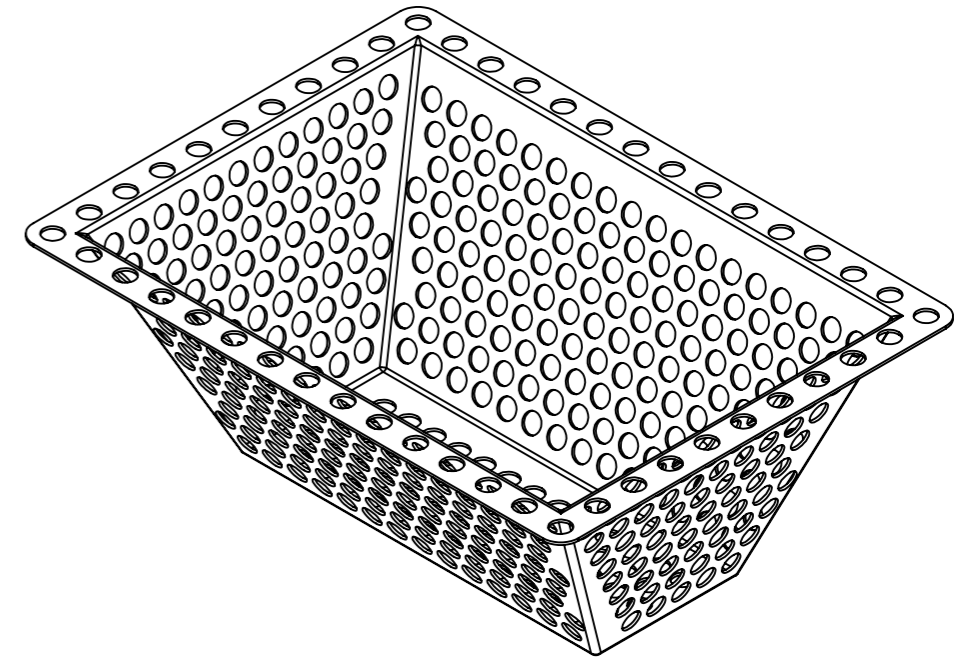
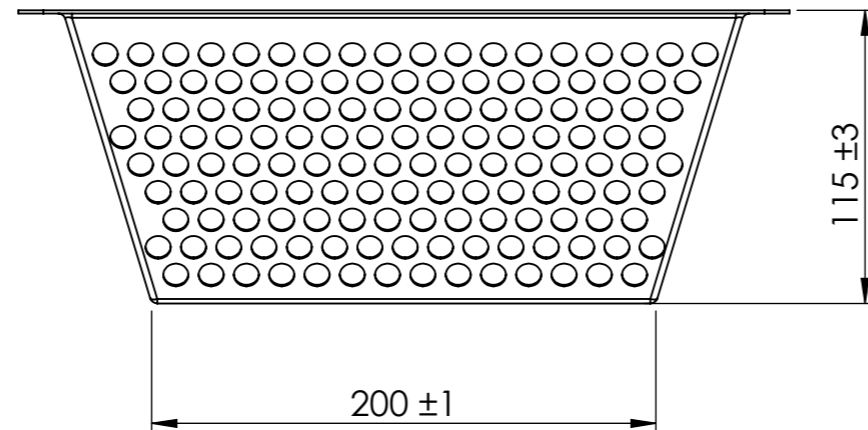
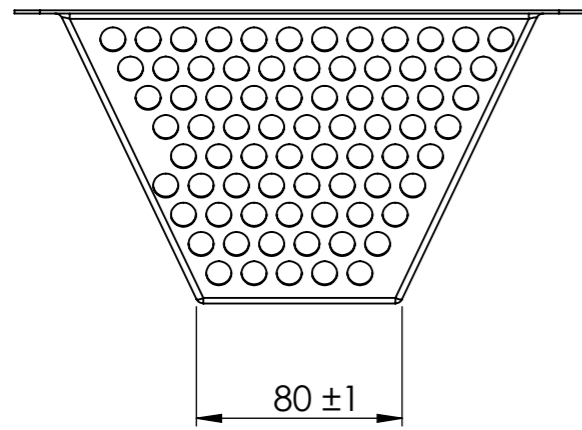
# TROQUELADO DE CESTA



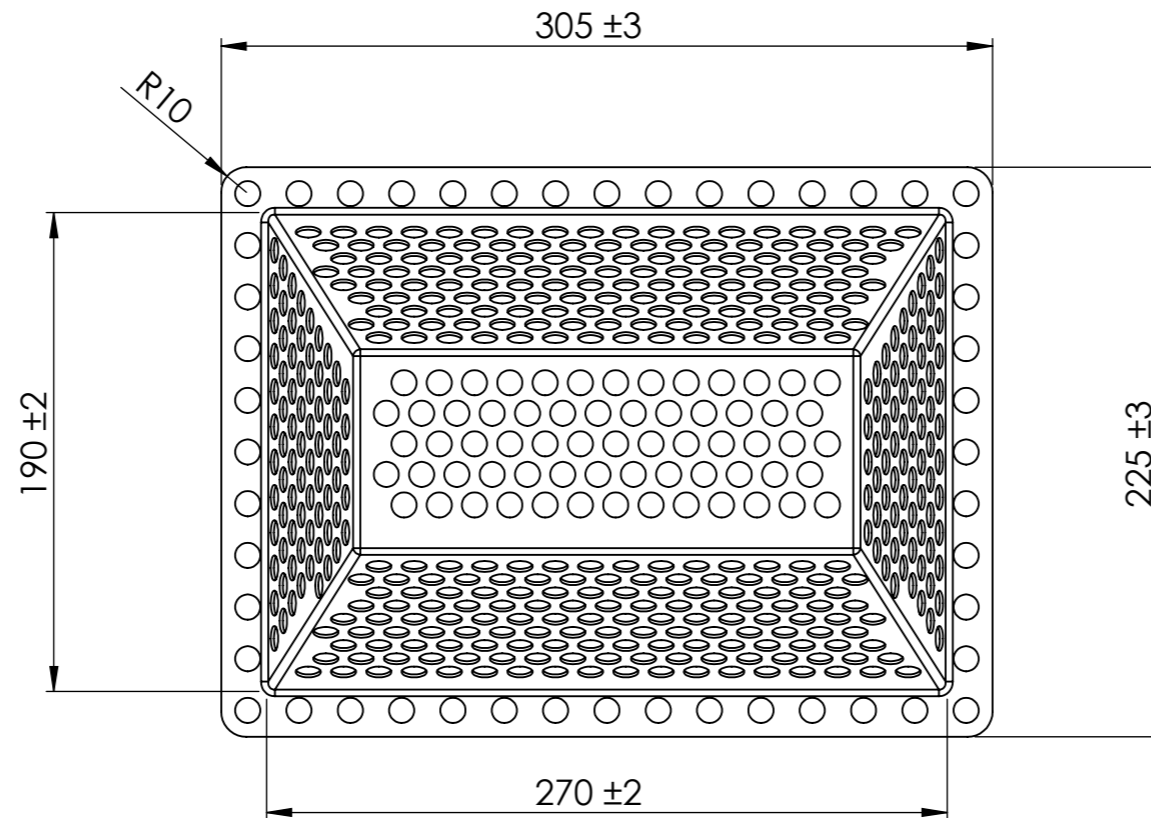
ORIFICIOS TOTALES: 549  
 ESPESOR DE LÁMINA: 1.3mm

TOLERANCIAS NO ESPECIFICADAS EN COTAS ±1mm

	Fecha	Nombre	Firmas	 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA CAMPUS D'ALCOI
Dibujado	13/03/19	MSM		
Comprobado				
Ids normas				
Escala	Designación:			Número de plano:
1:3	PLANO TROQUELADO DE CESTA			N002
				Sustituye a: No aplica
				Sustituido por: No aplica



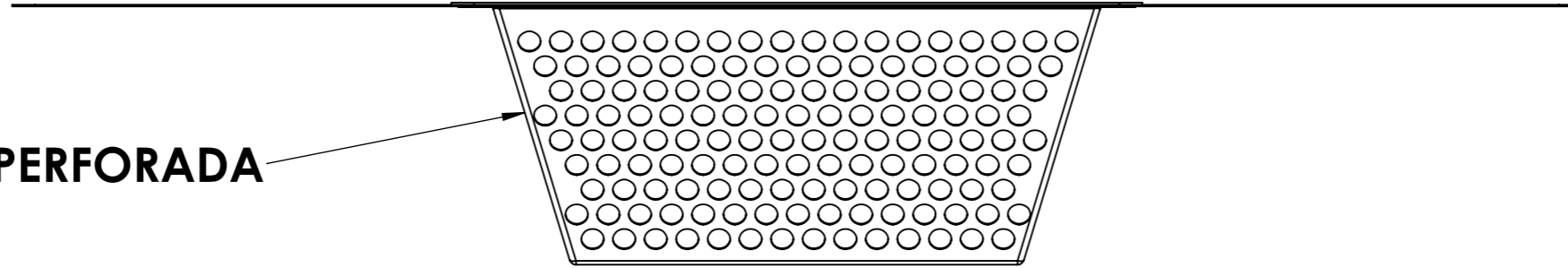
VISTA ISOMÉTRICA



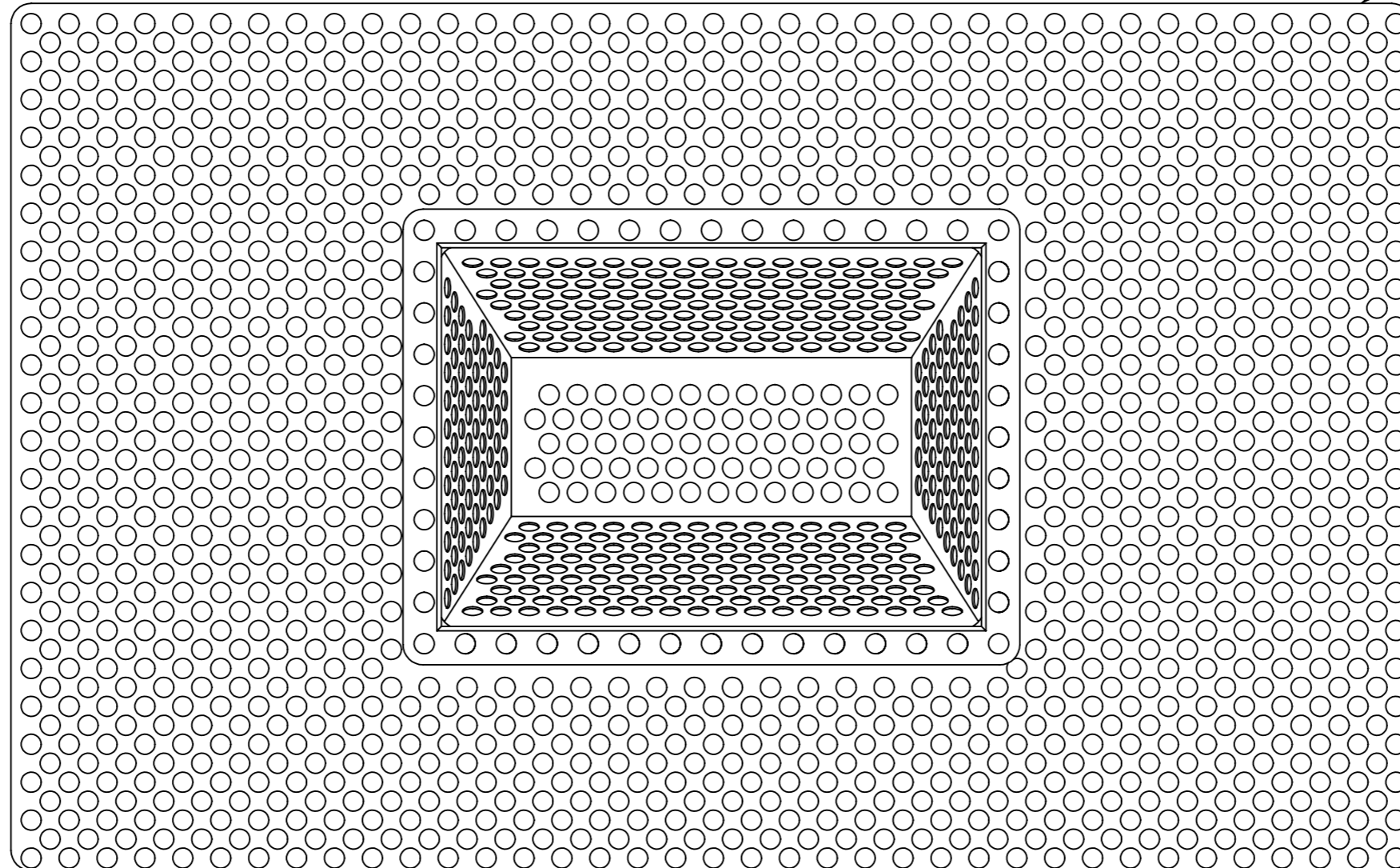
ESPESOR DE LA CESTA PERFORADA: 1.3mm

	Fecha	Nombre	Firmas	 <b>UNIVERSITAT POLITÀCNICA DE VALÈNCIA</b> <b>CAMPUS D'ALCOI</b>
Dibujado	13/03/2019	MSM		
Comprobado				
Ids normas				
Escala	Designación:			Número de plano:
1:3	CESTA			N003
				Sustituye a: No aplica
				Sustituído por: No aplica

**CESTA PERFORADA**



**BOLSA PERFORADA**



	Fecha	Nombre	Firmas	
Dibujado	13/03/19	MSM		 <b>UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA</b> <b>CAMPUS D'ALCOI</b>
Comprobado				
Ids normas				
Escala	Designación:			Número de plano:
1:3	PLANO CONSTRUCTIVO			N004
				Sustituye a: No aplica
				Sustituído por: No aplica

## **VI. Apéndices**

---

### **VI.2. NORMAS UTILIZADAS.**

UNE-EN 124-1:2015: Dispositivos de cubrimiento y cierre para zonas de circulación utilizadas por peatones y vehículos. Parte 1: Definiciones, clasificación, principios generales de diseño, requisitos de comportamiento y métodos de ensayo.

UNE-EN 124-2:2015: Dispositivos de cubrimiento y de cierre para zonas de circulación utilizadas por peatones y vehículos. Parte 2: Dispositivos de cubrimiento y cierre de fundición.

UNE-EN 124-3:2015: Dispositivos de cubrimiento y de cierre para zonas de circulación utilizadas por peatones y vehículos. Parte 3: Dispositivos de cubrimiento y de cierre de acero o aleación de aluminio.

UNE-EN 124-4:2015: Dispositivos de cubrimiento y de cierre para zonas de circulación utilizadas por peatones y vehículos. Parte 4: Dispositivos de cubrimiento y de cierre de hormigón armado.

UNE-EN 124-5:2015: Dispositivos de cubrimiento y de cierre para zonas de circulación utilizadas por peatones y vehículos. Parte 5: Dispositivos de cubrimiento y de cierre de materiales compuestos.

UNE-EN 124-6:2015: Dispositivos de cubrimiento y de cierre para zonas de circulación utilizadas por peatones y vehículos. Parte 6: Dispositivos de cubrimiento y de cierre de polipropileno (PP), polietileno (PE) o poli(cloruro de vinilo) no plastificado (PVC-U).

## **VI. Apéndices**

---

### **VI. 3. LISTADO DE FIGURAS**

Ilustración 1: Ensayo de los diferentes tipos de rejillas de imbornales cortesía de la universidad politécnica de Cataluña (UPC).....	11
Ilustración 2: Construcción del Rio Turía ciudad de Valencia (Plan Sur 1970) cortesía de actualidad.globalomnium.com.....	12
Ilustración 3: Influencia de la urbanización en el hidrograma de la lluvia. UPC Técnica para la obtención del campo de velocidad del flujo superficial en proximidad de rejillas de alcantarillado.....	14
Ilustración 4: Fotografía de un imbornal sifónico cortesía de función dúctil GLS prefabricados. ....	15
Ilustración 5: Imbornal totalmente obstruido por suciedad y hojas. (C/ Castillo de Cullera, Sociopolis, Valencia) .....	16
Ilustración 6: Precipitaciones medias anuales en la Comunidad Valenciana. Fuente: El espacio valenciano, síntesis geográfica. ....	17
Ilustración 7: Imbornal C-250 de rejillas cortesía de grupo Fábregas. ....	19
Ilustración 8: Imbornal tipo buzón cortesía de GLS prefabricados.....	19
Ilustración 9: Imbornal tipo mixto cortesía de pamline .....	20
Ilustración 10: Imbornal de caz cortesía de GLS prefabricados.....	20
Ilustración 11: Benito Urban .....	23
Ilustración 12. Fundición dúctil Fábregas.....	23
Ilustración 13. GLS prefabricados.....	24
Ilustración 14: Imbornal C-250 cortesía de fundiciones Benito.....	25
Ilustración 15. Ejecución en obra de un imbornal C-250 cortesía de BoscoHurtado.blogspot.com .....	26
Ilustración 16: Imbornal con tapa plástica de PVC cortesía de Maderplast S.A .....	27
Ilustración 17: Operario realizando limpieza hidrodinámica con camión cisterna. Cortesía de ayuntamiento de Paradas.....	28



## VI. Apéndices

---

Ilustración 18: Operarios efectuando la labor de limpieza de imbornales mediante sistema impulsor-aspirador. Ayuntamiento de Marbella. ....	29
Ilustración 19: Operarios realizando la limpieza del imbornal de forma tradicional. Cortesía de ayuntamiento de Benacazon. ....	30
Ilustración 20: Imbornal totalmente obstruido debido a la falta de mantenimiento (Calle Av. Orba, Benetusser, Valencia). ....	32
Ilustración 21. Ilustración extraída de la norma EN-124-1:2015 .....	39
Ilustración 22. Ilustración extraída de la norma EN-124-1:2015 .....	41
Ilustración 23: Croquis isométrico del retenedor de residuos tipo bolsa perforada.....	44
Ilustración 24: Croquis isométrico del retenedor de residuos tipo cesta.....	45
Ilustración 25: Croquis isométrico del retenedor de residuos tipo colador .....	45
Ilustración 26: Croquis isométrico del retenedor de residuos final. ....	48
Ilustración 27: Croquis dimensional de la tapa de un imbornal de rejilla tipo C-250, cortesía Benito Urban. Es importante recordar este croquis, pues hará referencia a lo largo del trabajo reiteradamente. ....	49
Ilustración 28. Imagen resumen tomada en milímetros de la representación de la sección del imbornal más grande y más pequeño posible. ....	52
Ilustración 29. Distancia de la profundidad considerada para un imbornal sifónico C-250 de rejilla. Cortesía Benito Urban. ....	53
Ilustración 30. Diseño CAD del dispositivo mediante el empleo del software SolidWorks 2017.....	55
Ilustración 31. Diseño CAD del dispositivo mediante el empleo del software SolidWorks 2017.....	56
Ilustración 32. Croquis del retenedor colocado en el imbornal Delta 570SF para estudiar la profundidad del dispositivo retenedor.....	57
Ilustración 33. Diseño CAD del dispositivo mediante el empleo del software SolidWorks 2017.....	58
Ilustración 34. . Diseño CAD del dispositivo mediante el empleo del software SolidWorks 2013. ....	59

## VI. Apéndices

---

Ilustración 35. Reconstrucción del imbornal sifónico C-250 Delta SF570 para simular el diseño del prototipo del retenedor de residuos.....	60
Ilustración 36. Instalación del prototipo en un imbornal C-250 Delta SF570 del fabricante Benito Urban. ....	62
Ilustración 37. Simplificación del cálculo de la sección útil de trasegado de agua (sección libre). ....	63
Ilustración 38. Diseño del retenedor de residuos troquelado. ....	67
Ilustración 39. Obtención del volumen del retenedor de residuos para el imbornal R965D4_FP. ....	70
Ilustración 40. Obtención del volumen para el imbornal R740A ....	71
Ilustración 41 Croquis para el cálculo longitudinal del imbornal R965D4_FP.....	73
Ilustración 42. Medición realizada por Solidworks 2018.....	74
Ilustración 43. En esta ilustración puede observarse las líneas de presión que generará el agua con los desechos en el retenedor de residuos para el imbornal de mayor tamaño, siempre de forma perpendicular a las caras.....	76
Ilustración 44. Esquema inicial para el cálculo hidrostático longitudinal del retenedor de residuos.....	76
Ilustración 45. Diagrama de distribución de presiones AB.....	77
Ilustración 46. Cara trapezoidal del retenedor de residuos. ....	77
Ilustración 47. Descomposición del trapecio isósceles en un cuadrado y dos triángulos, estos se pueden colocar de la manera indicada en la figura así, a efectos del cálculo se considerará un rectángulo, simplificando considerablemente el cálculo.....	78
Ilustración 48. Cálculo de la fuerza resultante en la cara BC. ....	79
Ilustración 49. Distribución de presiones sobre la cara CD.....	81
Ilustración 50. Esquema para realizar el cálculo hidrostático transversal. ....	82
Ilustración 51. Esquema del prisma de presiones para la cara GH.....	82
Ilustración 52. Esquema del prisma de presiones para la cara HI.....	83

## VI. Apéndices

---

Ilustración 53. Fuente: RECICLADO DE PVC: MEDIDA ECOLÓGICA Y OPORTUNIDAD DE NEGOCIO EN LA ELABORACIÓN DE LÁMINAS PARA DE TECHO.....	90
Ilustración 54. Fuente: RECICLADO DE PVC: MEDIDA ECOLÓGICA Y OPORTUNIDAD DE NEGOCIO EN LA ELABORACIÓN DE LÁMINAS PARA DE TECHO.....	91
Ilustración 55. Análisis estático .....	92
Ilustración 56. Modelo final diseñado. ....	93
Ilustración 57. Simulación del modelo que se empleará para el cálculo FEM, retenedor de residuos instalado en imbornal R965D4-FP.....	93
Ilustración 58. Modelo con sistema de coordenadas en su centro, indicando el eje Z negativo hacia abajo.....	94
Ilustración 59. Se añade el material a los dos sólidos.....	95
Ilustración 60. Se selecciona el material y se comprueba que las características no difieren demasiado respecto al material seleccionado en el apartado III.4.3 Material Seleccionado. ....	95
Ilustración 61. Se asignan las conexiones entre ambas piezas, mediante la función pasador. ....	96
Ilustración 62. Se indican las caras de la cesta y la bolsa perforada donde irá el pasador, se repite este paso para cada una de las esquinas de la cesta, para que cuando el retenedor esté lleno de residuos no se desfonde y se separe la cesta de la bolsa.....	96
Ilustración 63. Se fija cada una de las caras de la bolsa perforada, pues estas se mostrarán como un empotramiento, es decir, no podrán desplazarse ni girar una vez instalado en el sumidero.....	97
Ilustración 64. Fijación de cada cara de la bolsa perforada. ....	97
Ilustración 65. Se aplica la fuerza en el dispositivo escogiendo el sistema de coordenadas planteado anteriormente. ....	98
Ilustración 66. Creación de la malla.....	99
Ilustración 67. Mallado del dispositivo. ....	99

## **VI. Apéndices**

---

Ilustración 68. Imagen de los resultados en deformación del análisis FEM mediante el programa SolidWorks 2017.....	100
Ilustración 69. Añadir asas para la extracción de residuos disminuyendo las deformaciones en el retenedor. ....	101
Ilustración 70. Resultado del análisis FEM para un espesor de bolsa y cesta de 0.7mm y 1.3mm respectivament. ....	103
Ilustración 71. Resultado del análisis FEM para un espesor de bolsa y cesta de 0.7mm y 1.3mm respectivament. ....	103
Ilustración 72. Resultado del análisis FEM para un espesor de bolsa y cesta de 0.7mm y 1.3mm respectivament. ....	104
Ilustración 73. En esta ilustración puede observarse la fabricación por moldeo por compresión de una pieza, en el caso de la cesta, se partirá de la lámina troquelada y posteriormente se adoptará la forma.....	107
Ilustración 74. Retenedor definitivo instalado en imbornal de rejilla C-250.....	112
Ilustración 75. Retenedor definitivo instalado en imbornal de rejilla C-250.....	113
Ilustración 76. Retenedor definitivo instalado en imbornal de rejilla C-250.....	113

## VI. Apéndices

---

### VI.5. LISTADO DE TABLAS

Tabla 1. Medidas tomadas en milímetros de los diferentes tipos de imbornales del fabricante Benito de tipo C-250 y de rejilla.....	50
Tabla 2. Medidas tomadas en milímetros de los diferentes tipos de imbornales del fabricante Grupo Fábregas de tipo C-250 y de rejilla.....	50
Tabla 3. Medidas tomadas en milímetros de los diferentes tipos de imbornales del fabricante GLS Prefabricados de tipo C-250 y de rejilla. ....	51
Tabla 4. Tabla resumen de las dimensiones medidas en milímetros de cotas máximas y mínimas de los imbornales de rejilla C-250 de los 3 fabricantes más significativos.....	52
Tabla 5. Limitaciones en profundidad de los imbornales sifónicos de rejilla tipo C-250 de Benito Urban medidos en mm.....	53
Tabla 6. Análisis de distintas rejas de imbornales de Benito Urban, para obtener la sección libre de las mismas. Las dimensiones están referenciadas a los requisitos dimensionales del diseño preliminar, apartado III:1.2. ....	64
Tabla 7. Obtención de la Relación O de las rejas de imbornales anteriormente estudiadas. ....	64
Tabla 8. Propiedades del material ABS. ....	87
Tabla 9. Propiedades del material PS. ....	87
Tabla 10. Propiedades del material PVC.....	87
Tabla 11. Resumen de los cálculos mediante FEM. ....	100
Tabla 12. Tabla resumen del cálculo después de añadir las asas. ....	101
Tabla 13. Tabla resumen del cálculo FEM después de añadir los redondeos, se aprecia una notable mejora. ....	101
Tabla 14. Resultados finales de análisis FEM. ....	102