

## Apéndices.

### Apéndice A: Caracterización de la materia orgánica y del proceso de compostaje.

Con el fin de obtener información sobre la materia orgánica y el proceso de compostaje se realizaron algunas pruebas con pequeños lotes de residuos que se trataron hasta obtener compost.

#### Selección de la materia orgánica.

En la Figura 1 se presentan algunos de los residuos orgánicos disponibles para su compostaje en las fincas aledañas a la zona de producción del compost en el municipio de El Cerrito, Santander, entre los cuales se destacan diferentes tipos de estiércol, residuos agrícolas, de poda y de cocina (frutas y verduras). Cada uno de estos componentes posee diferentes concentraciones de C:N como se muestra en la Tabla 1.

#### Figura 1

*Materiales disponibles para compostar.*



*Nota:* Estos materiales representan los que estaban disponibles. Restos de frutas y verduras (sup izq), estiércol caprino (sup centro), aserrín (sup der), restos de poda (inf izq), estiércol ovino (inf centro) y hojas secas (inf der).

**Tabla 1***Relaciones C:N de materiales comúnmente compostables*

<b>Materia</b>	<b>Relación C:N</b>
Estiércol ovino y caprino	22
Restos de frutas, verduras y hortalizas	35
Residuos de poda	30
Pasto cortado	20
Hojas secas	40-80
Aserrín	200-500

*Nota:* Adaptado de Atchley, 2013 y L'AGRET. Cultura de Terra, 2013.

Conociendo las relaciones C:N de los materiales se realizaron varias mezclas que tuviesen relaciones carbono nitrógeno cercanas a 30 como es lo ideal (Atchley, 2013; L'AGRET. Cultura de Terra, 2013). Las proporciones para dichas mezclas se obtuvieron usando la Ecuación 1.

$$N_T = \sum F_i * N_i \quad (1)$$

Donde:

$N_T$  es la relación C:N de la mezcla,  $F_i$  es la fracción másica de cada material=masa del material/masa total y  $N_i$  es la relación C:N de cada material.

Tomando valores promedio para materiales con relaciones C:N muy variables, las características de las mezclas obtenidas se presentan en la Tabla 2.

**Tabla 2***Masas y relaciones C:N de 5 mezclas para compostaje.*

<b>Composición</b>	<b>Mezcla 1</b>		<b>Mezcla 2</b>		<b>Mezcla 3</b>		<b>Mezcla 4</b>		<b>Mezcla 5</b>	
	<b>m(kg)</b>	<b>C:N</b>	<b>m(kg)</b>	<b>C:N</b>	<b>m(kg)</b>	<b>C:N</b>	<b>m(kg)</b>	<b>C:N</b>	<b>m(kg)</b>	<b>C:N</b>
Estiércol	150	22	32	22	67	22	30	22	24	22
Poda	60	30	-	-	-	-	-	-	-	-
Restos	-	-	11	35	13	35	12	35	37	34
Pasto	-	-	15,5	20	-	-	-	-	-	-
Hojas	7	60	-	-	4	60	3	60	2	60
Aserrín	5	350	1,5	350	1	350	1	350	1	350
<b>Total</b>	<b>222</b>	<b>33</b>	<b>60</b>	<b>32</b>	<b>85</b>	<b>29</b>	<b>46</b>	<b>35</b>	<b>64</b>	<b>35</b>

Los materiales más gruesos y duros se trituraron manualmente utilizando un machete hasta los tamaños recomendados (2 a 7cm) y se integraron en las proporciones calculadas para cada mezcla. En los casos donde fue necesario se humedeció un poco rociando agua sobre la mezcla para que cumpliera la “regla del puño”<sup>1</sup> indicador empírico de la humedad.

Todas las mezclas fueron procesadas según el método de Berkeley ya fuese en pilas sobre el suelo o en un prototipo de compostador rotatorio que se fabricó con un recipiente plástico. Una pequeña cantidad de compost maduro o melaza con levadura diluida en agua o suero de leche es agregada al compost a modo de activador de la vida microbiana, ver Figura 2.

## **Figura 2**

*Compostaje en pilas, en vaso compostador y activadores.*



*Nota:* Mezcla 1 pila (sup izq), mezcla 2 vaso (sup centro), mezcla 3 pila (sup der), mezcla 4 vaso (inf izq), melaza diluida en agua (inf centro) y puñado de compost maduro (inf der).

---

<sup>1</sup> La “regla del puño” consiste en estrujar una porción de la mezcla para compost con la mano, si emanan apenas unas gotas de agua la humedad es correcta.

Eventualmente y siguiendo paso a paso el método de compostaje caliente propuesto por Berkeley las mezclas se fueron descomponiendo (excepto la mezcla 2) hasta que sus materias iniciales se hicieron indistinguibles, dando como resultado una materia de color marrón muy homogénea al cabo de entre 15 y 30 días de iniciado el proceso.

### **Variables de proceso.**

- Densidad.

Debido a las formas irregulares de las partículas del compost, el tambor estará ocupado tanto por partículas como por espacios vacíos. La medida que tiene en cuenta las partículas más los poros de aire se llama densidad *bulk* y se define como la relación entre la masa y el volumen macroscópico que ocupa (Blake, 1965). Para determinarla se tomaron muestras de cada mezcla sin compactar en diferentes volúmenes conocidos y se midió su masa, de esta forma se pudo obtener la densidad bulk de las mezclas para compost. Los resultados de esta medición se presentan en la Tabla 3.

**Tabla 3**

*Densidades de las muestras de mezcla para compost.*

		<b>m (kg)</b>	<b>V (m<sup>3</sup>)</b>	<b>ρ (kg/m<sup>3</sup>)</b>
<b>Mezcla 1</b>	Muestra 1	0,752	0,0014	537
	Muestra 2	0,759	0,0014	542
<b>Mezcla 2</b>	Muestra 1	0,313	0,0005	626
	Muestra 2	0,273	0,0005	546
<b>Mezcla 3</b>	Muestra 1	11	0,0189	582
	Muestra 2	11	0,0189	582
<b>Mezcla 4</b>	Muestra 1	10	0,0189	529
	Muestra 2	10	0,0189	529
<b>Mezcla 5</b>	Muestra 1	0,314	0,0005	628
	Muestra 2	0,321	0,0005	642
	Muestra 3	0,333	0,0005	666
<b>Densidad Promedio</b>				<b>583</b>

Aunque la densidad de las mezclas de compost depende de muchos parámetros como son el contenido de humedad de los materiales, el tamaño de las partículas y la naturaleza de estas, los valores presentados en la Tabla 3 se encuentran dentro de los rangos obtenidos en otros estudios 420-655 [kg/m<sup>3</sup>] (Khater, 2015) 415-511[kg/m<sup>3</sup>] (Schaub-Szabo & Leonard, 1999).

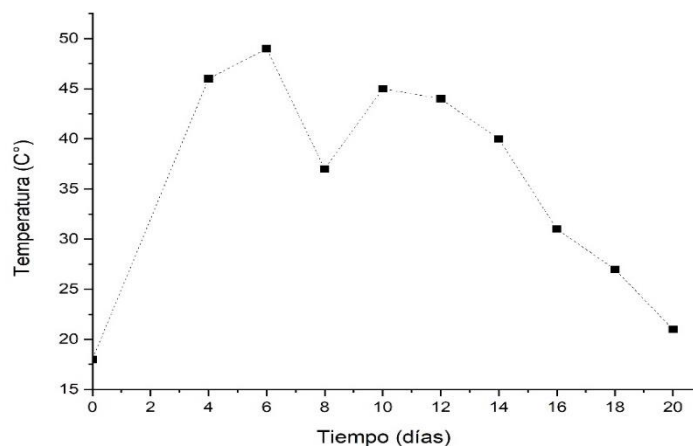
- Temperatura.

El seguimiento de la temperatura se realizó al tacto en la mezcla 1, mediante un termómetro digital en las mezclas 2 y 3 y luego con un termómetro análogo en las mezclas 4 y 5. El comportamiento en general fue un aumento de la temperatura entre los días 1 al 3-6 para luego tener un descenso gradual hasta alcanzar la temperatura ambiente. En el caso de la mezcla 2 que fue realizada en el compostador giratorio, esta tuvo un descenso repentino en el día 2 lo que indicaba nula actividad microbiana y por ende esta prueba no terminó en abono.

Las Figuras 3 a 5 enseñan el comportamiento esperado que está dentro de un proceso de compostaje donde se distinguen las fases termófila y mesófila. En el compostaje en pila (Figura 3) no se alcanzaron temperaturas de higienización (>55); que si se alcanzaron en el compostaje en vaso (Figura 4 y 5) sin embargo, en el compostaje en vaso el descenso se produce más rápido.

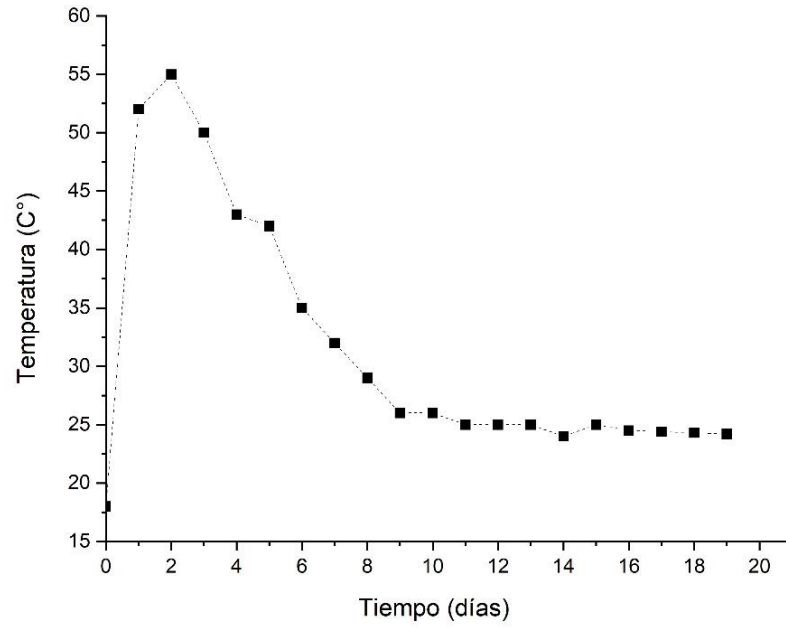
### Figura 3

*Curva de Temperatura vs tiempo del compost hecho con la mezcla 3*



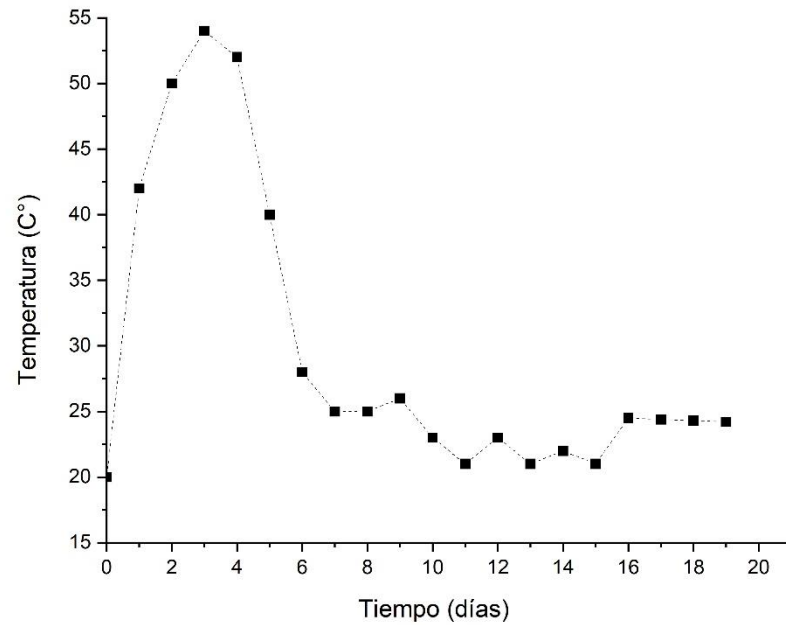
**Figura 4**

*Curva de Temperatura vs tiempo del compost hecho con la mezcla 4*



**Figura 5**

*Curva de Temperatura vs tiempo del compost hecho con la mezcla 5*



- Humedad.

La humedad se siguió durante las pruebas con la “regla del puño”, un método empírico que indica que la humedad correcta está cuando al estrujar con el puño una porción de la mezcla esta debe emanar apenas unas gotas de agua. Sin embargo, se comprobó que este método puede dejar un material con exceso de agua. Por ejemplo, en la mezcla 3 hecha en pila la adición de agua se asocia directamente con el descenso de la temperatura en el día 8, y en general que la prueba no alcanzara temperaturas de higienización ( $>55$ ) es un indicador de exceso de humedad (Figura 3).

La mezcla 2 realizada en vaso, también se humedeció siguiendo la regla de “puño”. El resultado fue que la descomposición no avanzó pues los materiales se compactaron en esferoides (ver Figura 6), lo cual impedía la aireación y detuvo el proceso. Además, la presencia de larva de mosca soldado indicaba un ambiente muy húmedo.

### **Figura 61**

*Mezcla 2 para compost con exceso de humedad*



Basado en los estudios de Kalamdhad & Kazmi (2009) y en las recomendaciones de los compostadores domésticos, se determina que la adición de agua en el compostaje en vaso es poca o nula. Esto pues los residuos vegetales y algunos estiércoles aportan mucha agua, y al ser un proceso en recipiente cerrado se limitan los procesos de evaporación y filtrado. Dos pruebas de compostaje en vaso se realizaron sin adicionar agua (mezclas 4 y 5). Estas pruebas mostraron resultados satisfactorios según los perfiles de temperatura del proceso y el resultado del producto final. En el caso de la mezcla 5 por tener una gran cantidad de residuos vegetales frescos, incluso se llegaron a filtrar líquidos lixiviados del tambor.

## Apéndice B: Medición de ángulo de reposo.

Un prototipo de compostador rotativo fue fabricado con un recipiente plástico de 200 litros para verificar el comportamiento de las partículas al rotar y medir experimentalmente el ángulo de reposo del compost. La medición se tomó aprovechando una ventana con malla que tenía la parte posterior del tambor (ver Figura 1).

### Figura 1

*Prototipo de compostador rotatorio.*

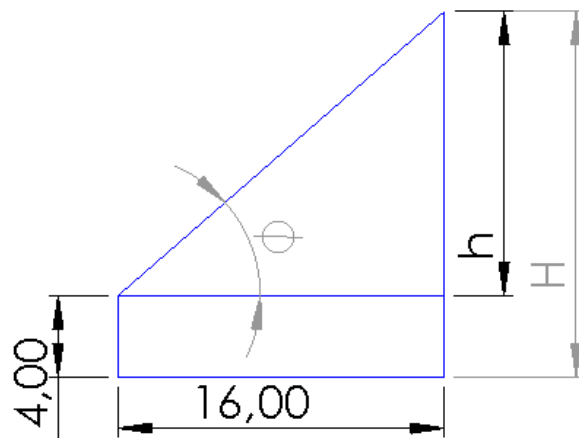


La toma de datos se realizó durante las pruebas de compostaje en vaso tratando de mantener una velocidad constante. Sin embargo, al moverse directamente con la mano no se conseguía un movimiento uniforme debido a que, al empezar a rotar el tambor, el esfuerzo necesario para el volteo incrementaba mucho (respaldando el planteamiento de que la mayor demanda de potencia no está en el arranque). Este problema se solucionó agregando una transmisión de poleas, cuerda y manivela, que permitió realizar las mediciones con una velocidad más o menos constante.

El ángulo se midió utilizando un armazón de madera hecho con dos reglas articuladas entre sí, donde una de ellas está nivelada horizontalmente. Para la medición se colocó el arreglo tras la ventana del tambor y así la regla horizontal sería el cateto adyacente, la articulada a esta la hipotenusa y entre ellas se forma el ángulo de reposo. Se hizo rotar en tambor alineando la regla “hipotenusa” con la superficie del material y se midió la altura del cateto opuesto con una escuadra para obtener el ángulo por trigonometría (ver Figura 2). Las tomas se hicieron girando lentamente el tambor (3 a 4 rpm aproximadamente), lleno con una capacidad del 50% aproximadamente y alineando la regla con el límite superior de la cama cuando los primeros materiales se empezaban a deslizar por la pendiente. Las primeras 6 tomas corresponden al sentido antihorario y las otras 6 al horario.

**Figura 2**

*Trigonometría para obtener el ángulo de reposo*



Para poner las dos reglas en el mismo plano se articularon de un tercer madero, lo que generaba una diferencia de alturas de 4cm entre sus ejes centrales. la distancia de cateto adyacente establecida fue 16cm y las tomas se hicieron con una escuadra de aluminio perpendicular a la regla horizontal (ver Figura 3). Las medidas tomadas son la distancia entre los ejes centrales de cateto adyacente e hipotenusa (H en la Figura 2).

**Figura 3**

*Arreglo físico para obtener el ángulo de reposo por medición.*



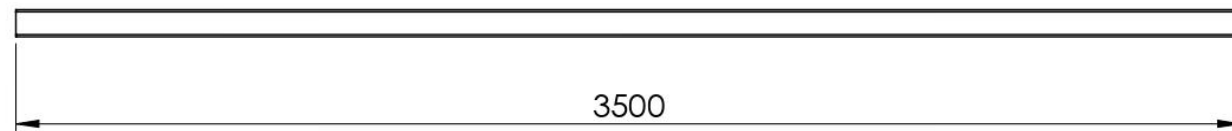
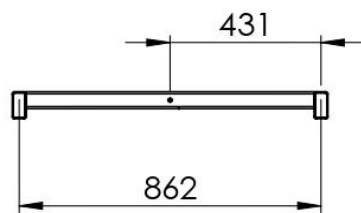
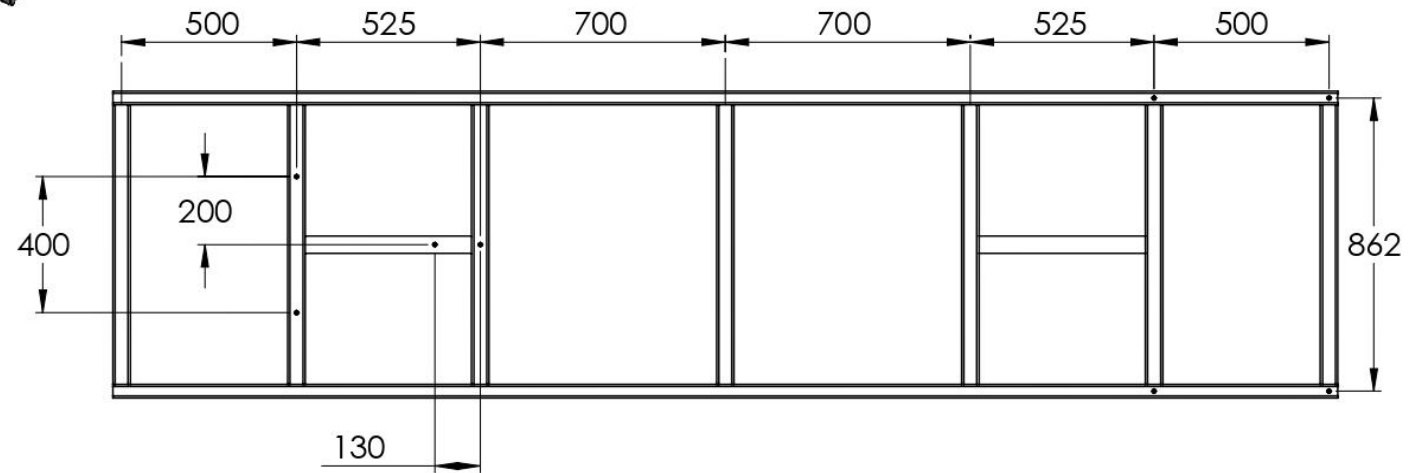
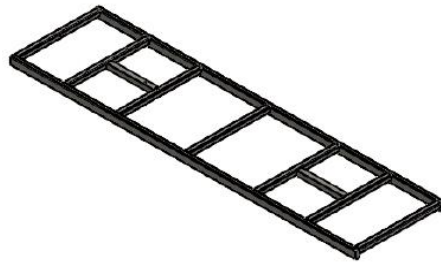
Obtenido el valor de H basta restar 4cm para obtener h y usar la tangente inversa del cociente  $h/16$  para obtener el ángulo en radianes y por conversión a grados, los resultados de las tomas se presentan en la Tabla 1.

**Tabla 1**

*Tomas de altura y ángulos de reposo.*

<b>Toma</b>	<b>H(cm)</b>	<b>h(cm)</b>	<b>Ángulo(rad)</b>	<b>Ángulo(grados)</b>
<b>1</b>	18	14	0,719	41,2
<b>2</b>	19,5	15,5	0,770	44,1
<b>3</b>	19	15	0,753	43,2
<b>4</b>	16	12	0,644	36,9
<b>5</b>	18	14	0,719	41,2
<b>6</b>	17	13	0,682	39,1
<b>7</b>	17	13	0,682	39,1
<b>8</b>	18	14	0,719	41,2
<b>9</b>	18	14	0,719	41,2
<b>10</b>	19,5	15,5	0,770	44,1
<b>11</b>	18,5	14,5	0,736	42,2
<b>12</b>	18	14	0,719	41,2
<b>Promedio</b>	<b>18,0</b>	<b>14,0</b>	<b>0,7</b>	<b>41,2</b>

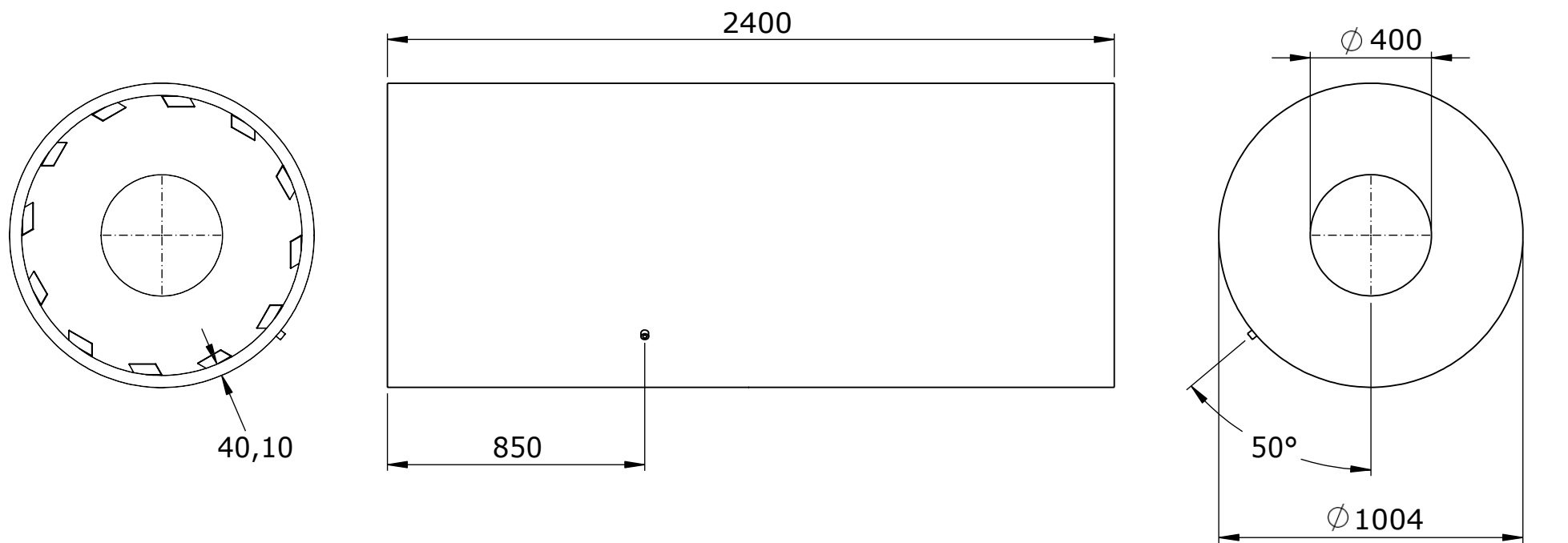
## Apéndice C: Planos



NOTA: PERFILES LATERALES DE 80X40X3mm TRANSVERSALES DE 50X50X3mm

NOTA 2: TODOS LOS AGUJEROS DE 3/8pulg PASANTES

		ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA			BASTIDOR		PIEZA N°1	MATERIAL: Acero Estructural
		ESCALA: 1:20	MEDIDAS EN: MMGS	01/02/2022	DIBUJADO POR: Willie Salazar V.		HOJA 1/1	PL. #1



NOTA: CUERPO EN LÁMINA DE 2MM DE ESPESOR

NOTA 2: ANILLO DE PLATINA DE 1,5X3/16 pulg

NOTA 3: RACOR HEMBRA DE 1/2pulg INCRUSTADO EN LA LÁMINA A 50°



ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA

TAMBOR

PIEZA N°2

MATERIAL:  
Acero A36

ESCALA: 1:20

MEDIDAS EN:  
MMGS

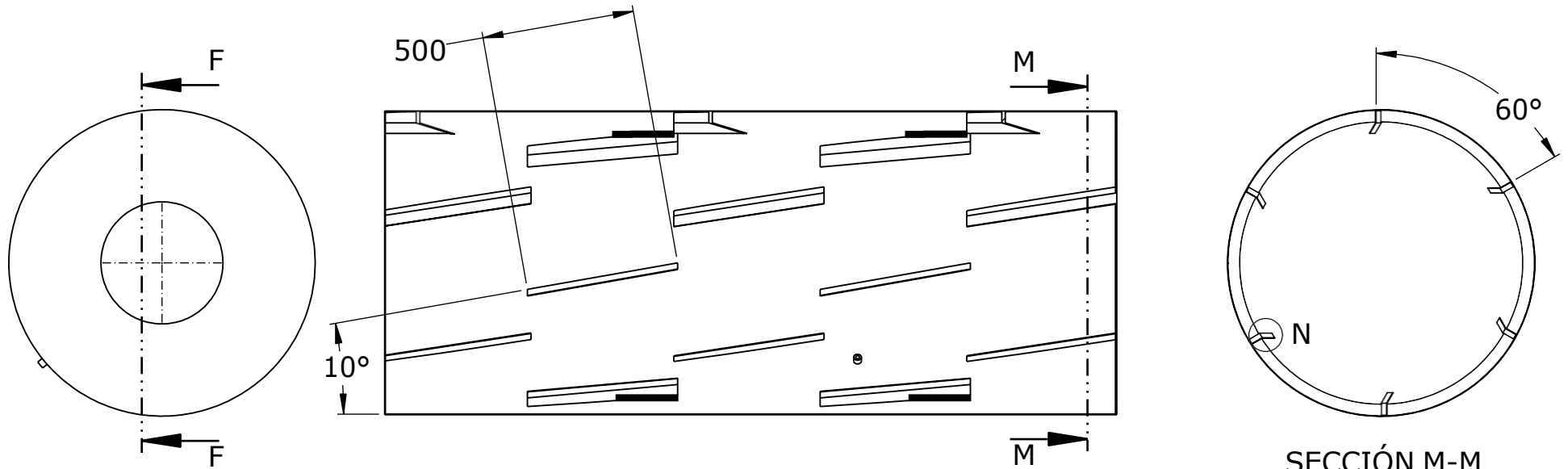
01/02/2022

DIBUJADO POR:  
Willie Salazar V.



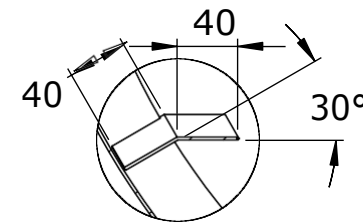
HOJA 1/2

PL. #2



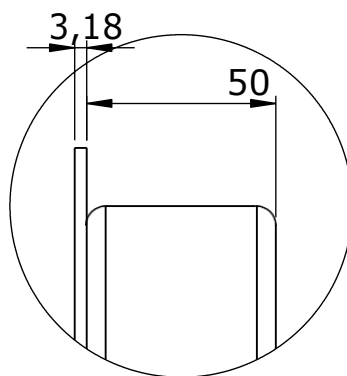
SECCIÓN F-F  
ESCALA 1 : 20

SECCIÓN M-M  
ESCALA 1 : 20

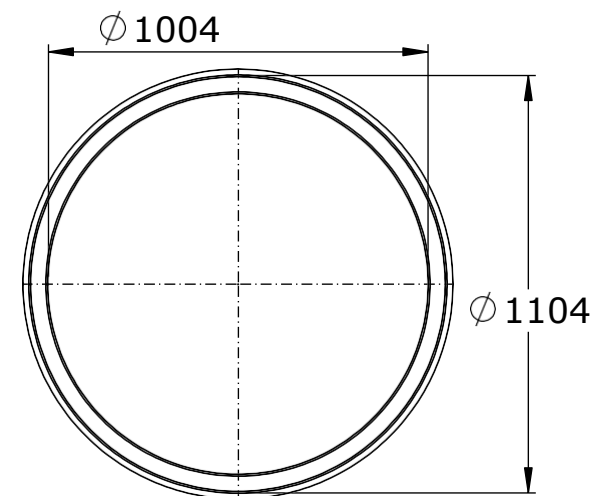
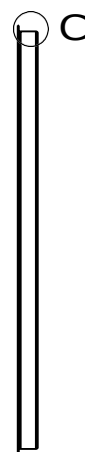
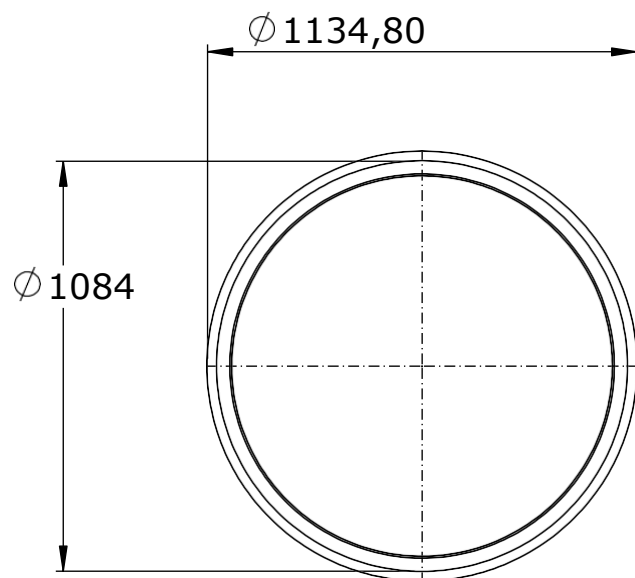


DETALLE N  
ESCALA 1 : 5

NOTA: 5 FILAS DE PALETAS DE 6 PALETAS UNIFORMEMENTE ESPACIADAS CON DESFASE DE 30° ENTRE FILAS CONSECUTIVAS



DETALLE C  
ESCALA 1 : 2



NOTA: ANILLOS DE TUBO ESTRUCTURAL 50X50X3mm Y PLATINA DE 1X1/8pulg.



ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA

ANILLO

PIEZA N°3

MATERIAL:  
Acero Estructural

ESCALA: 1:20

MEDIDAS EN:  
MMGS

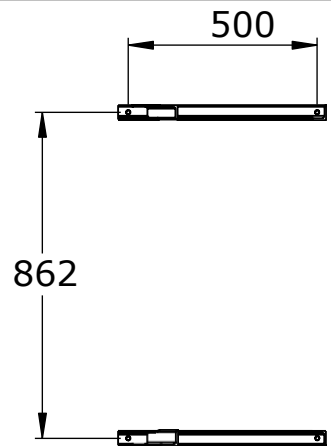
01/02/2022

DIBUJADO POR:  
Willie Salazar V.

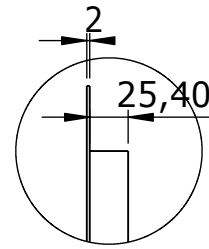


HOJA 1/1

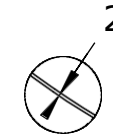
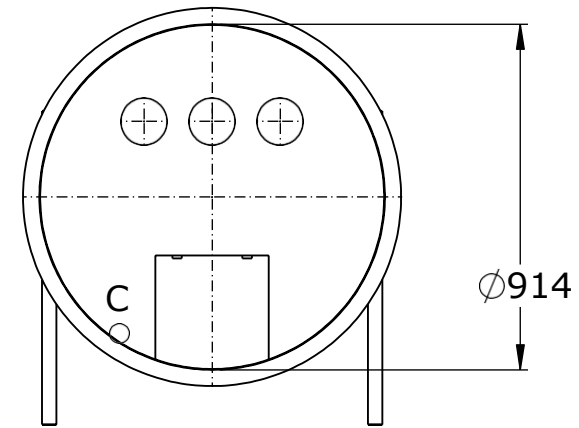
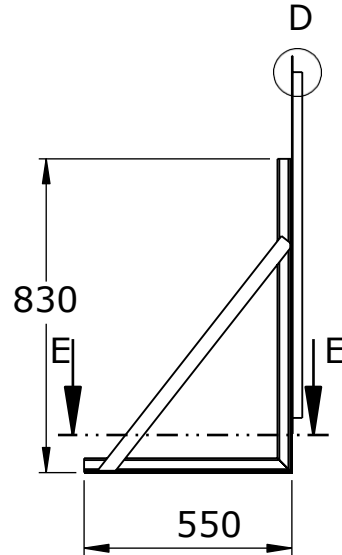
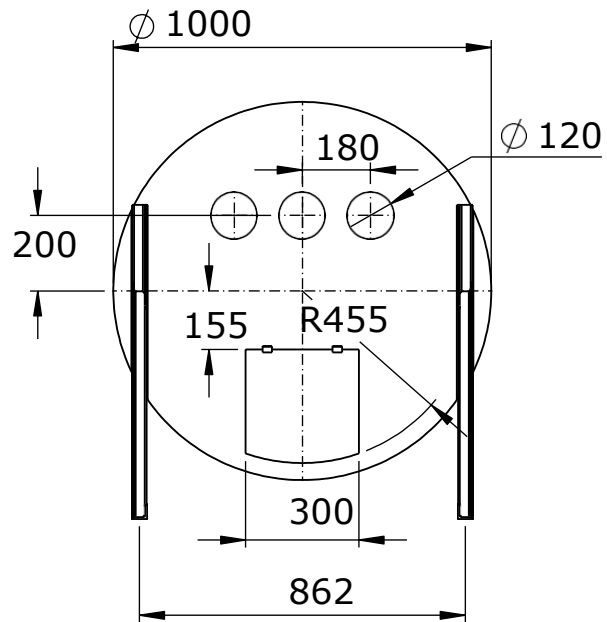
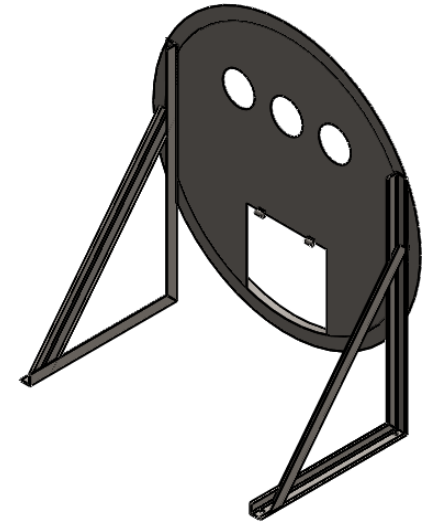
PL. #4



SECCIÓN E-E



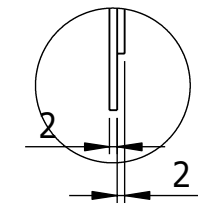
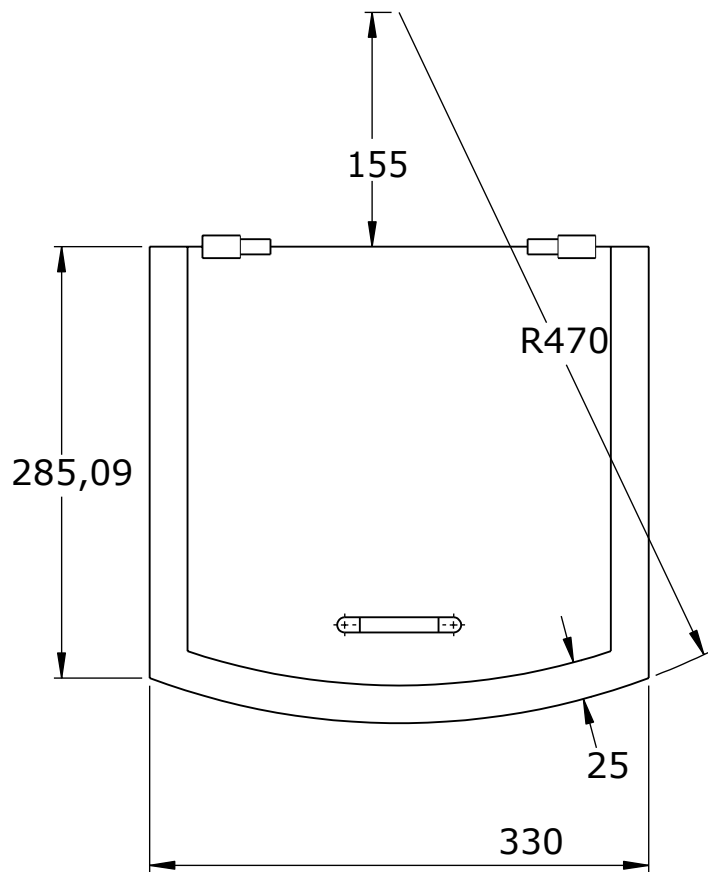
DETALLE D  
ESCALA 1 : 5



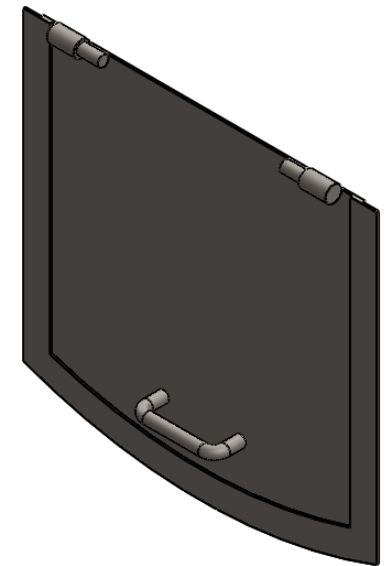
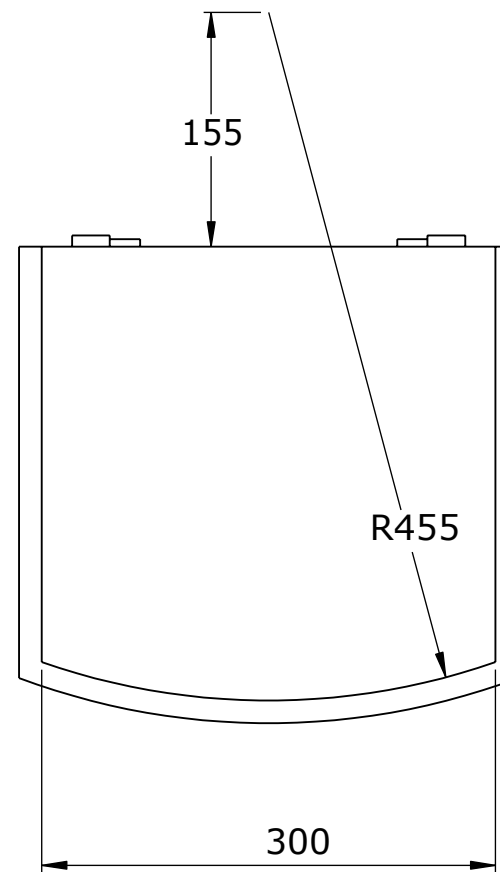
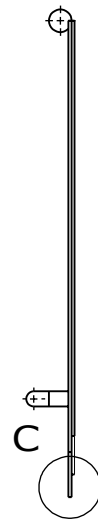
DETALLE C  
ESCALA 1 : 5

NOTA: SOPORTE EN ÁNGULO EN L DE 1,5X1,5X1/8pulg Y AGUJEROS DE 3/8pulg.

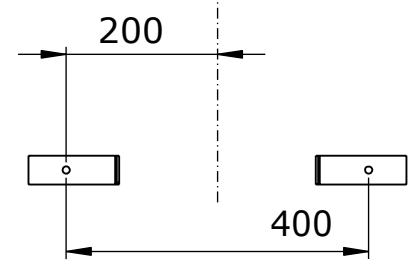
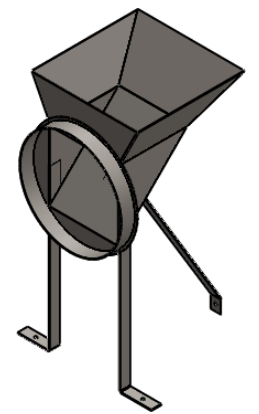
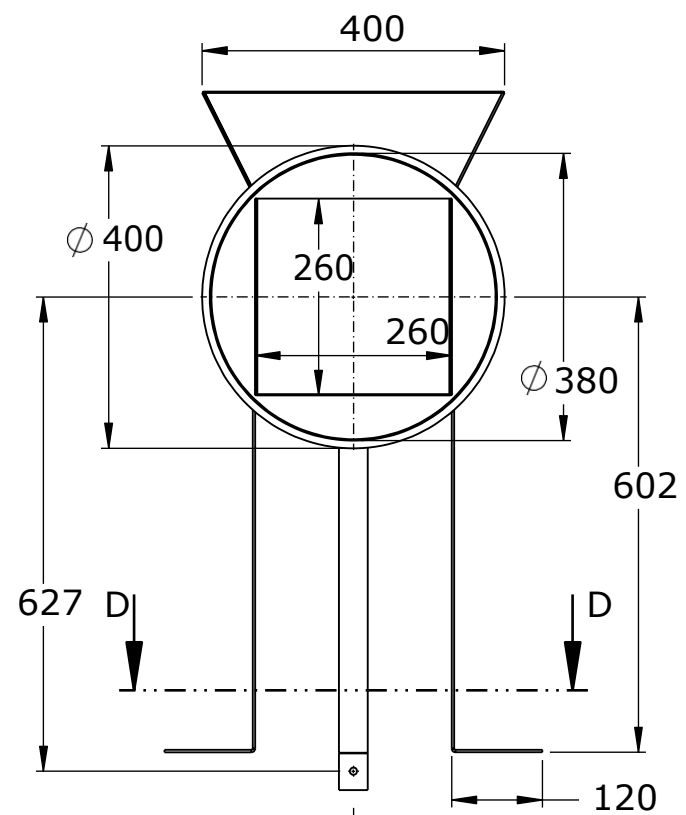
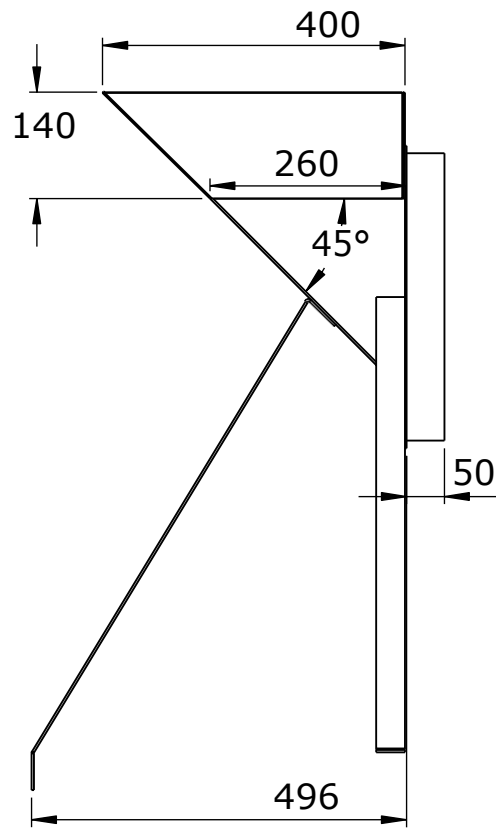




DETALLE C  
ESCALA 1 : 2



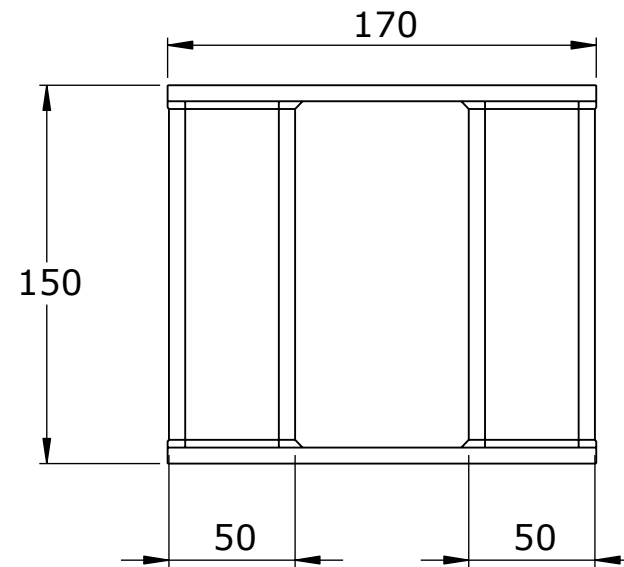
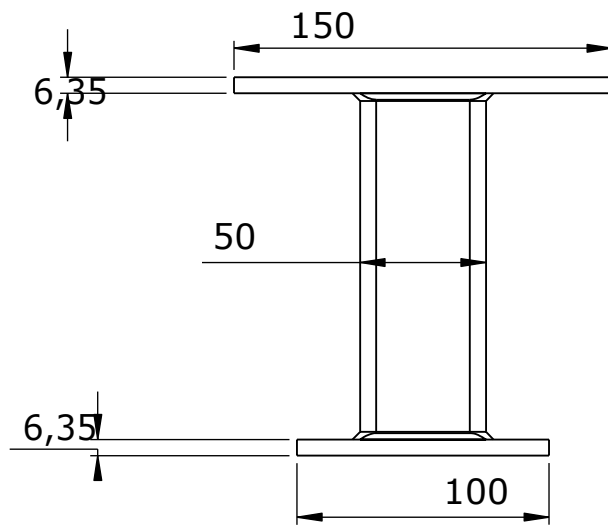
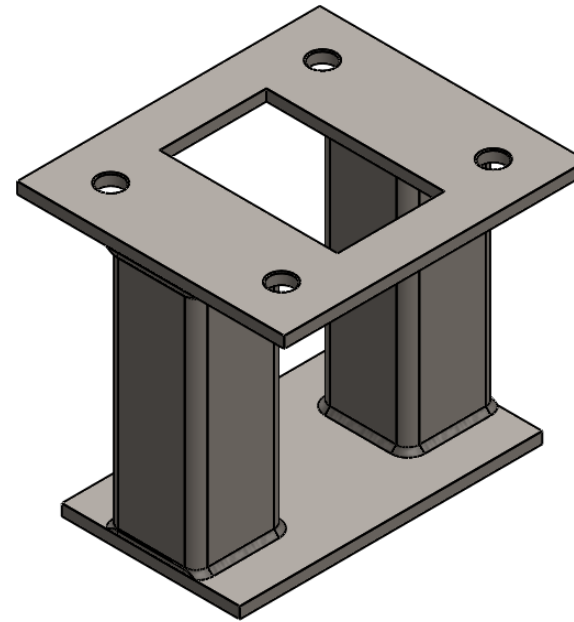
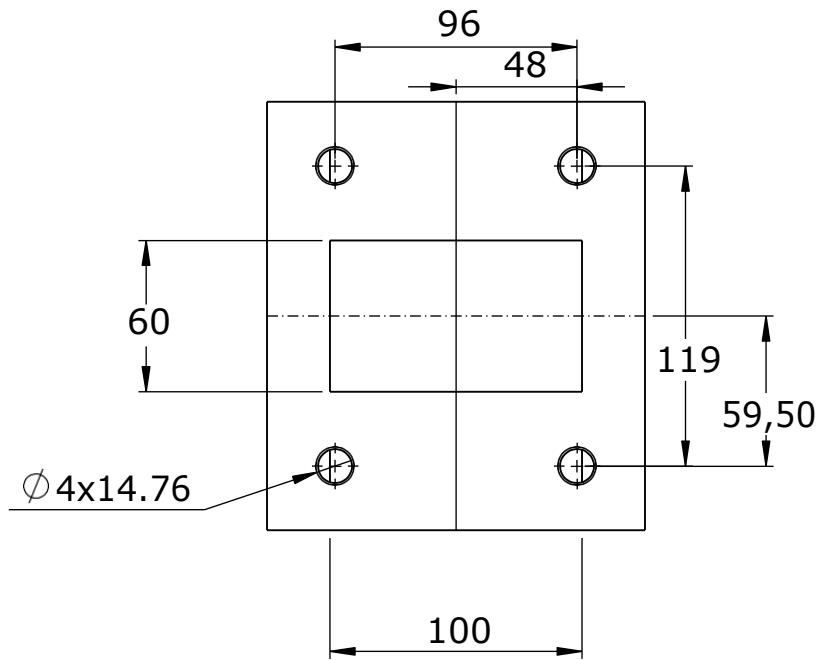
NOTA: BISAGRAS Y MANIJA SEGÚN DISPONIBILIDAD COMERCIAL.

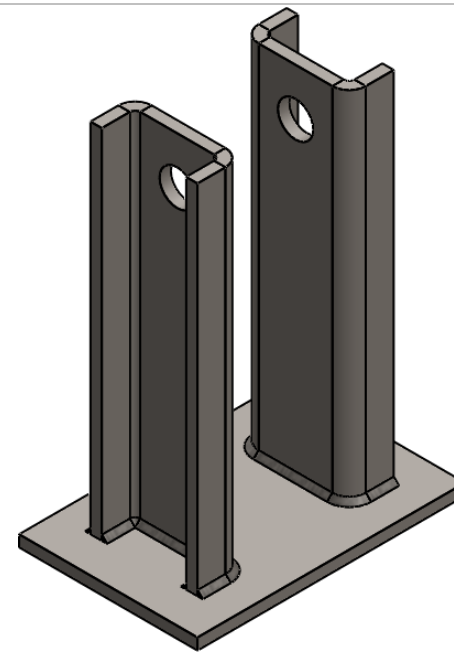
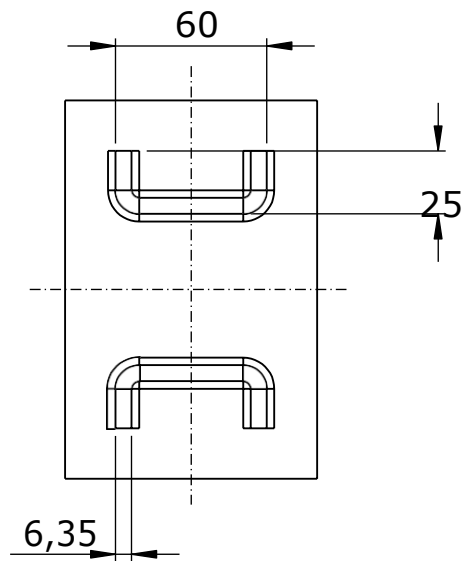


SECCIÓN D-D  
ESCALA 1 : 10

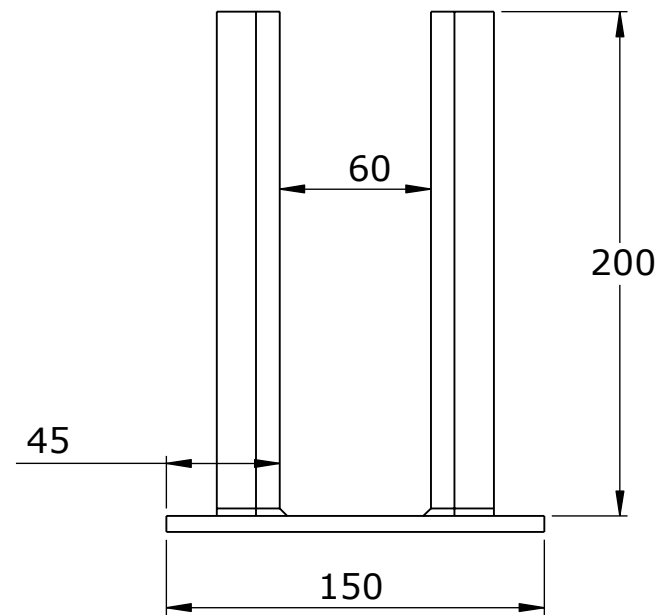
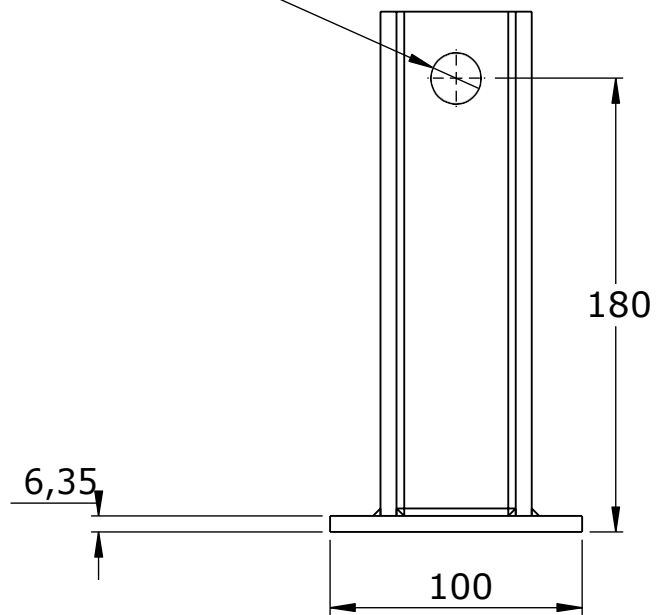
NOTA: CUERPO DE LA TOLVA EN LÁMINA 2mm, SOPORTES EN PLATINA DE 1,5X1/8pulg Y AGUJEROS DE 3/8pulg.

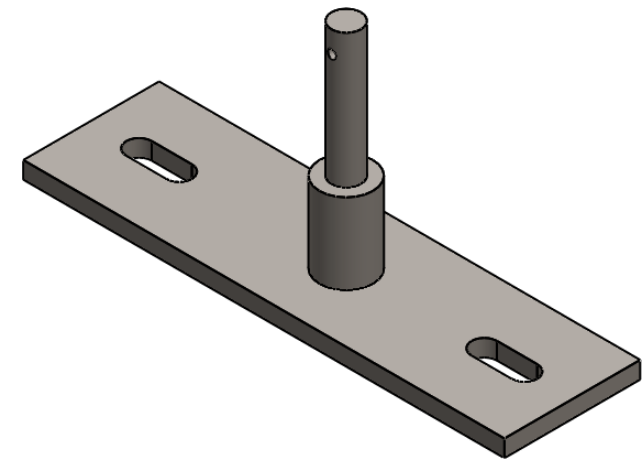
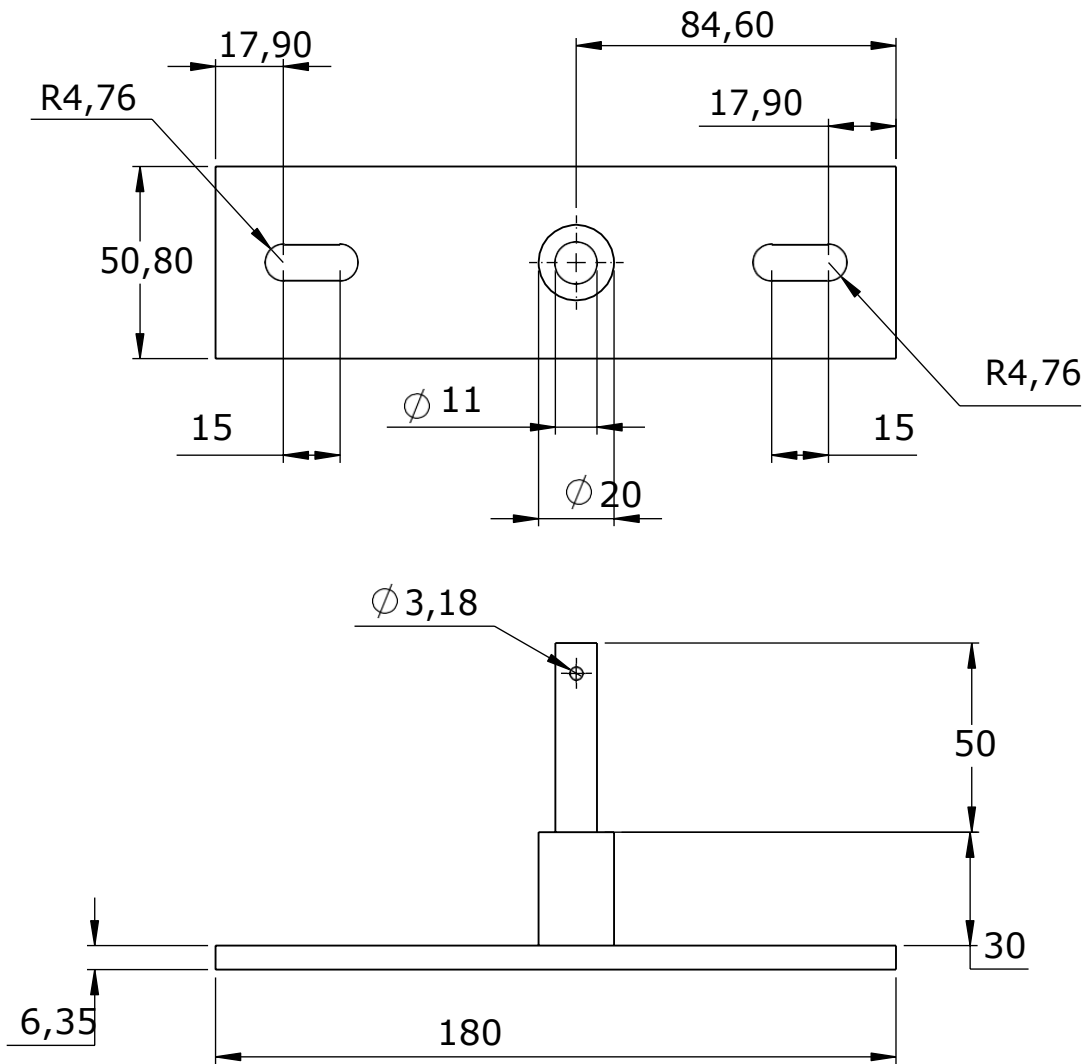
	<b>ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA</b>			<b>TOLVA</b>		<b>PIEZA N°6</b>	<b>MATERIAL:</b> Acero Estructural
	<b>ESCALA:</b> 1:10	<b>MEDIDAS EN:</b> MMGS	01/02/2022	<b>DIBUJADO POR:</b> Willie Salazar V.		<b>HOJA 1/1</b>	<b>PL. #7</b>

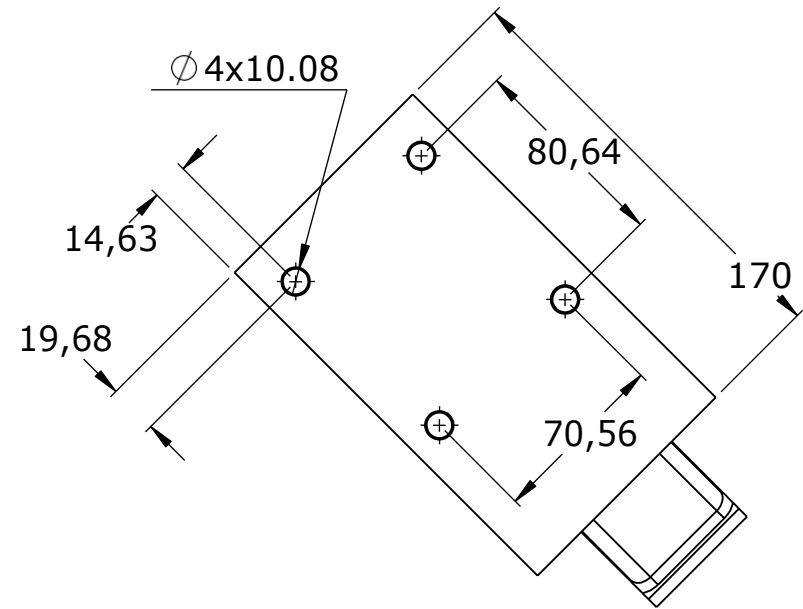
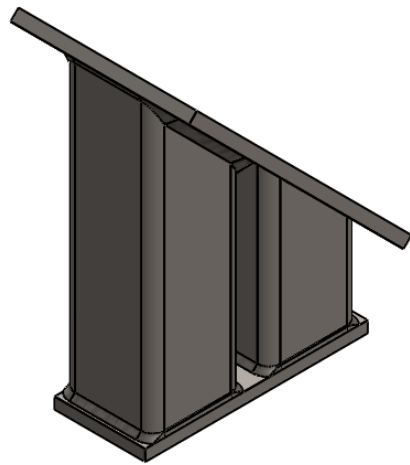




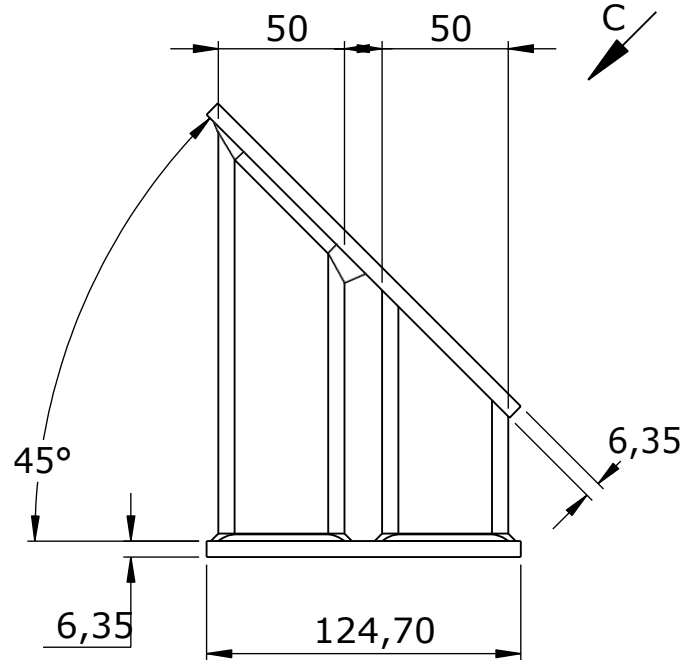
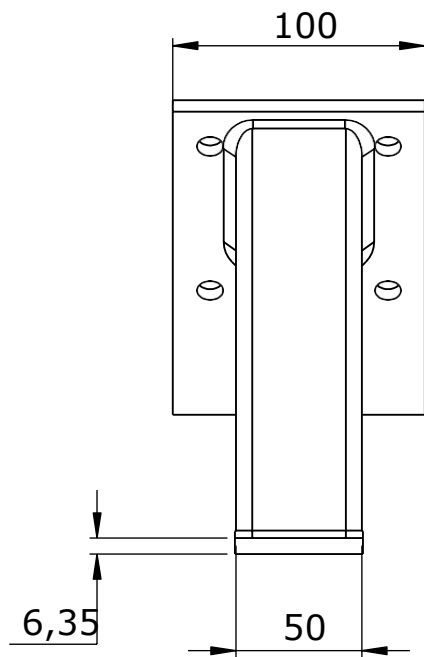
Ø2x19.84

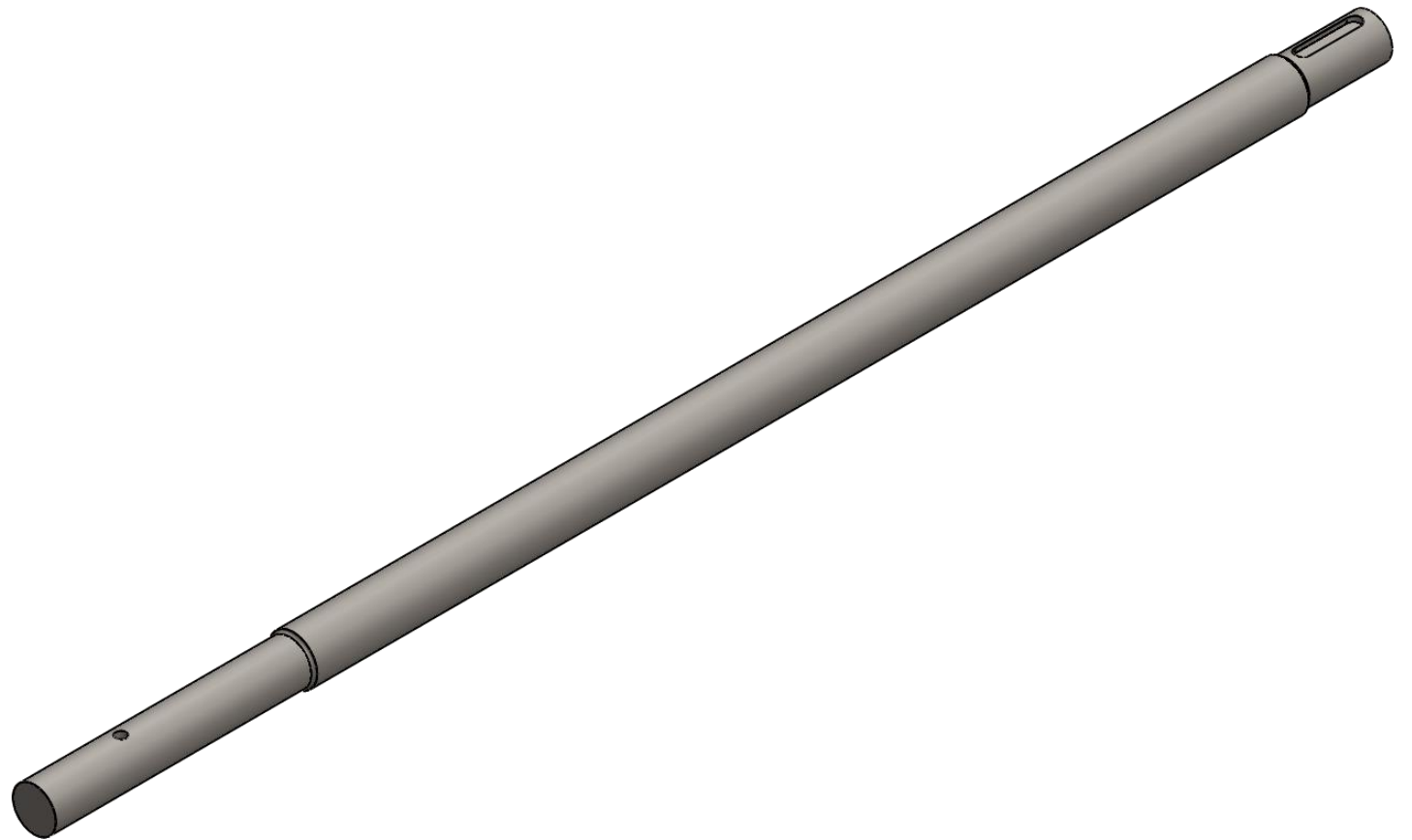
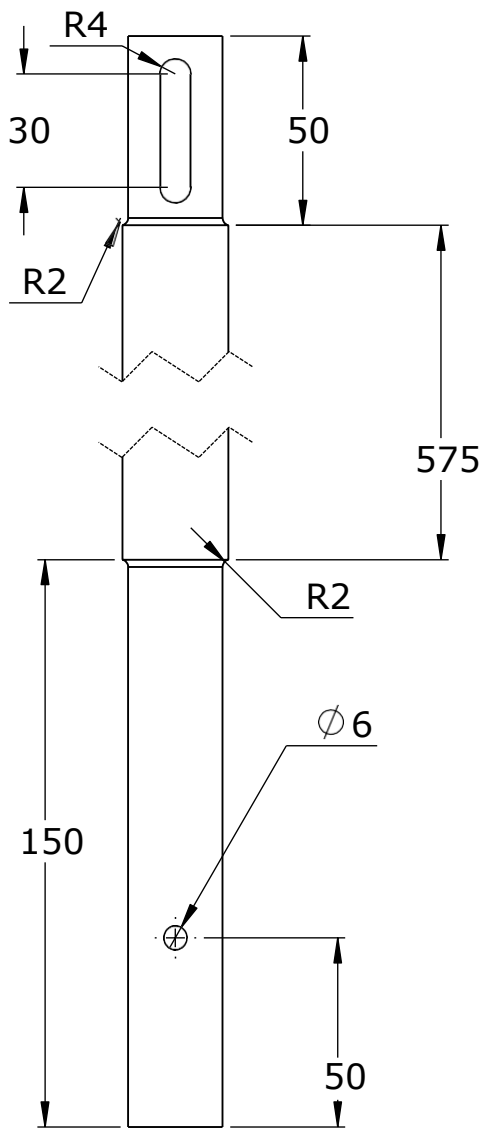




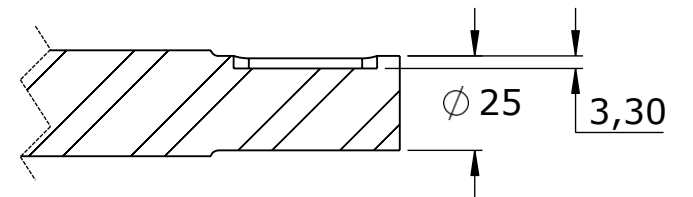
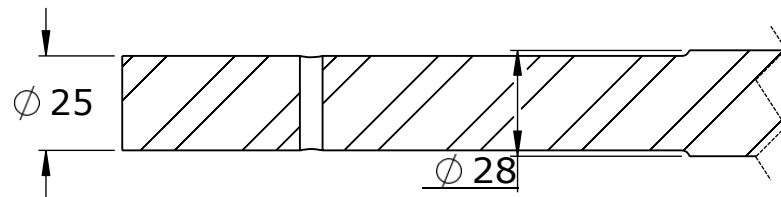
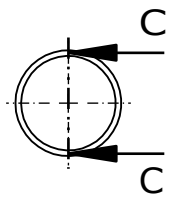


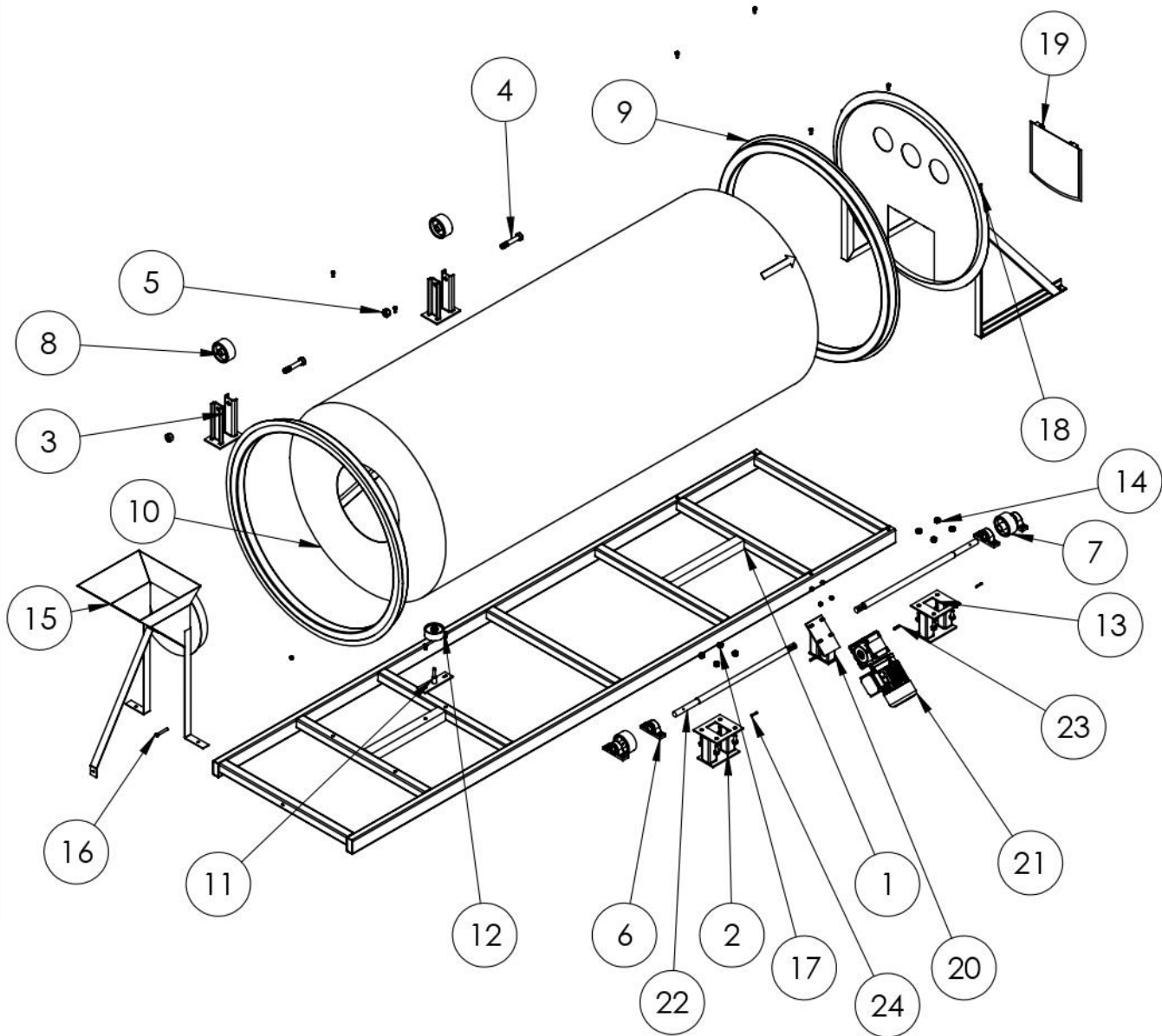
VISTA C  
ESCALA 1 : 3





SECCIÓN C-C  
ESCALA 1 : 2





N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	CANTIDAD
1	Bastidor	1
2	Base chumaceras	2
3	Base ruedas	2
4	Perno 3/4 pulg	2
5	Tuerca 3/4pulg	2
6	Chumacera	4
7	Rueda motriz	2
8	Rueda no motriz	2
9	Anillo	2
10	Tambor rotativo	1
11	Base rueda alineadora	1
12	Rueda alineadora	1
13	Perno 1/2pulg	8
14	Tuerca 1/2pulg	8
15	Tolva	1
16	Perno 3/8 pulg	11
17	Tuerca 3/8 pulg	11
18	Tapa	1
19	Compuerta	1
20	Base Motor	1
21	Motorreductor	1
22	Eje	2
23	Cuña	2
24	Pasador elástico	2



ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA

ESCALA: 1:30      MEDIDAS EN: MMGS      01/02/2022

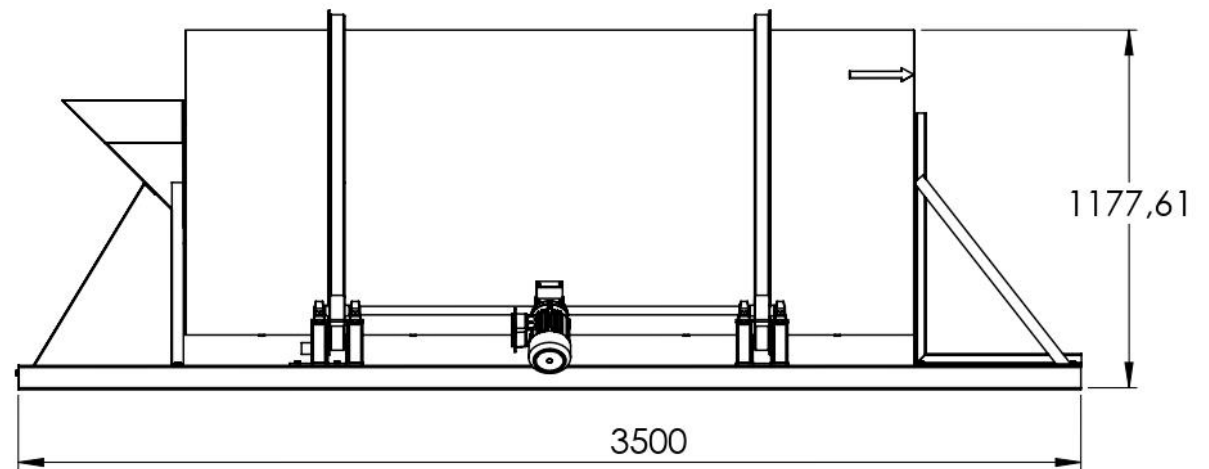
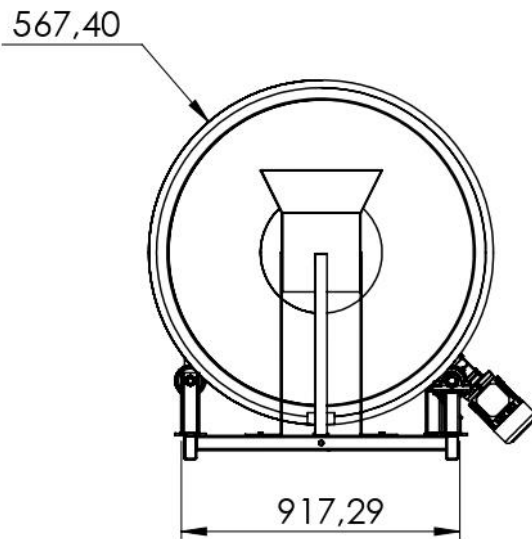
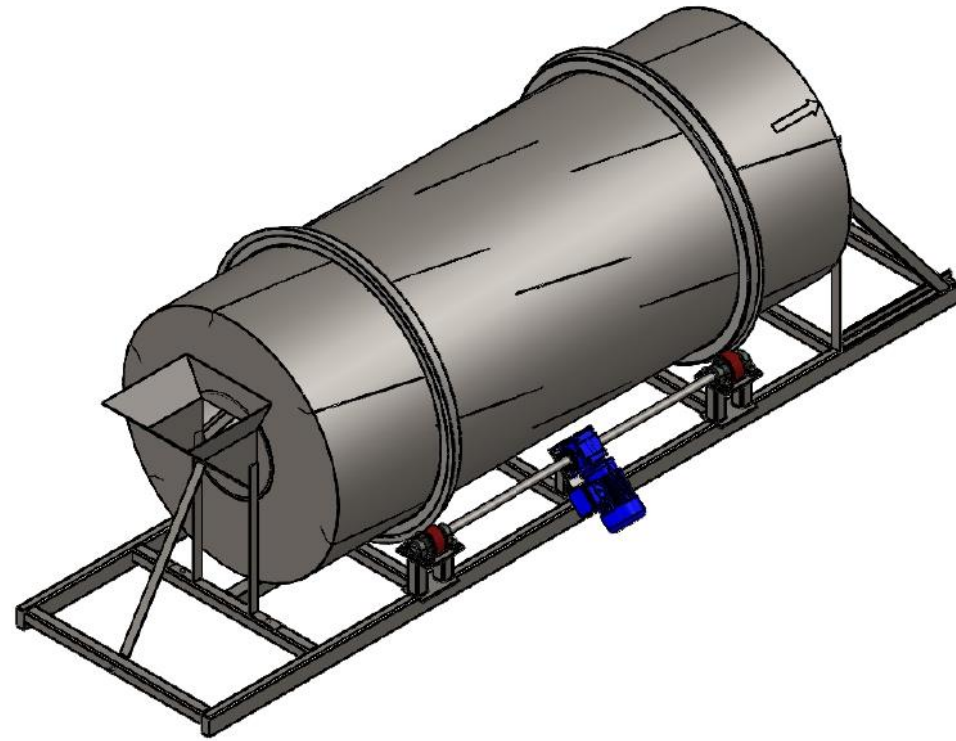
VISTA EXPLOSIONADA

DIBUJADO POR: Willie Salazar V.

HOJA 1/1

MATERIAL: Varios

PL. #13



ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA

ESCALA: 1:25

MEDIDAS EN: MMGS

01/02/2022

ENSAMBLE

DIBUJADO POR: Willie Salazar V.



HOJA 1/1

MATERIAL: Varios

PL. #14

## Apéndice D: Manual de operación.

El presente documento contiene la información necesaria para la correcta operación del compostador. A través de él, el usuario podrá familiarizarse con el equipo y podrá obtener un producto de calidad que le permita aprovechar los residuos orgánicos de su entorno.

### Descripción del equipo.

El equipo consta principalmente de: un tambor contenedor que es donde ocurren las reacciones biológicas del compost; las zonas de alimentación (mediante una tolva) y descarga (mediante una compuerta); el sistema mecánico que permite los volteos (conformado por un motorreductor, ejes de transmisión, ruedas motrices y no motrices); y el conjunto de soporte.

La Tabla 1 detalla las piezas del equipo y su cantidad, así mismo, la Figura 1 muestra la ubicación física en el equipo. Asegúrese de identificar todas las piezas del equipo antes de operarlo.

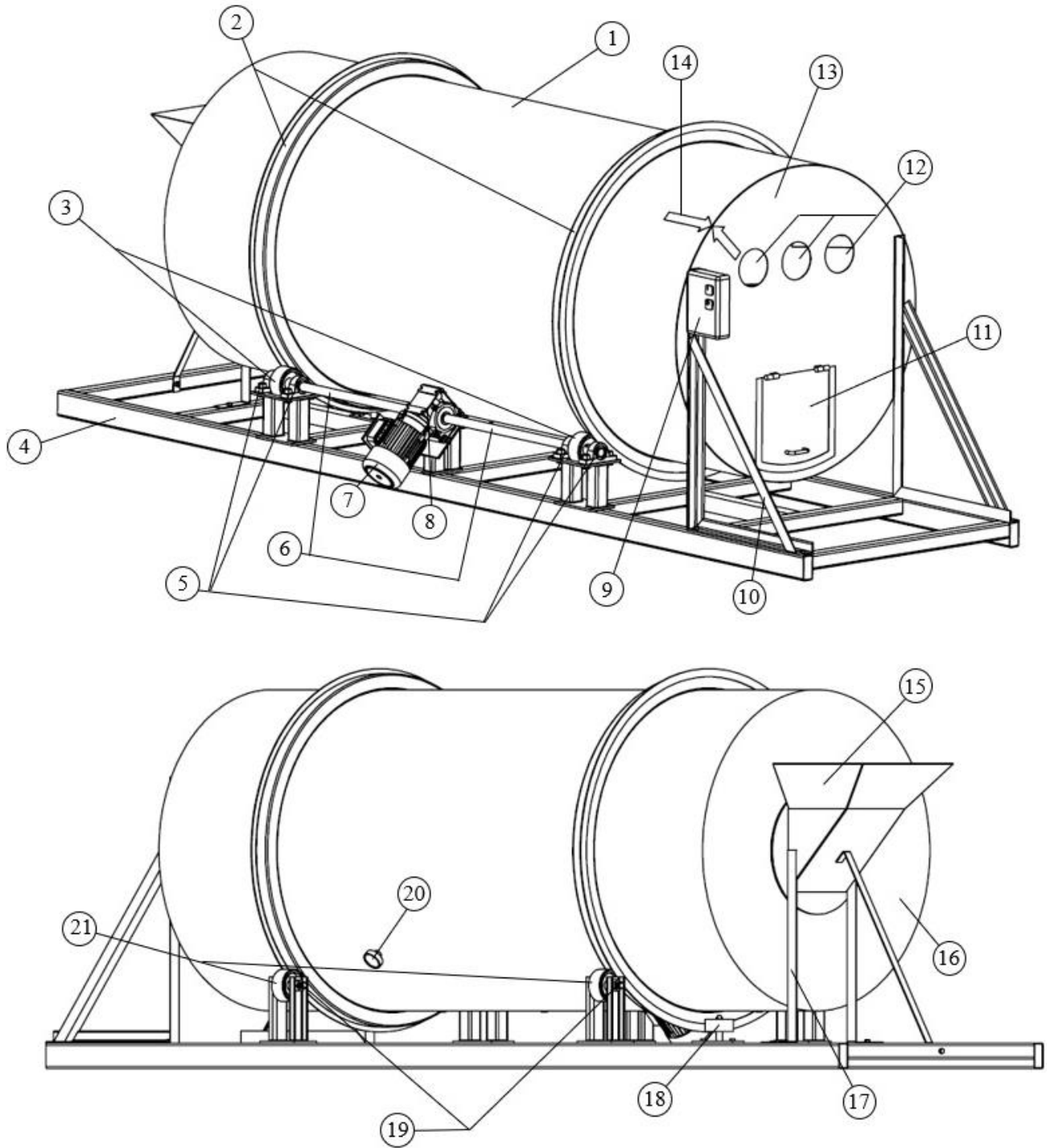
**Tabla 1**

*Lista de piezas del compostador.*

<b>Pieza</b>	<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Pieza</b>	<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>
<b>1</b>	Tambor	1	<b>12</b>	Agujeros de ventilación	3
<b>2</b>	Anillos de rodadura	2	<b>13</b>	Tapa posterior	1
<b>3</b>	Ruedas motrices	2	<b>14</b>	Marcas indicadoras	2
<b>4</b>	Bastidor	1	<b>15</b>	Tolva de carga	1
<b>5</b>	Chumaceras	4	<b>16</b>	Tapa frontal	1
<b>6</b>	Ejes	2	<b>17</b>	Soporte de tolva	1
<b>7</b>	Motor eléctrico	1	<b>18</b>	Rueda alineadora	1
<b>8</b>	Caja reductora	1	<b>19</b>	Pernos de ruedas	2
<b>9</b>	Panel de control	1	<b>20</b>	Termómetro	1
<b>10</b>	Soporte tapa posterior	1	<b>21</b>	Ruedas no motrices	2
<b>11</b>	Compuerta de descarga	1			

**Figura 1**

*Piezas del compostador rotativo.*



## Operación.

### *Selección de residuos orgánicos.*

Antes de cargar los residuos orgánicos al compostador se debe garantizar que estos tengan el balance correcto de Carbono: Nitrógeno, de lo contrario las reacciones no se darán correctamente y podrán ocurrir situaciones adversas como la putrefacción o nula actividad biológica. Para balancear la mezcla se deben agregar la proporción correcta de diferentes residuos que según su contenido de carbono y nitrógeno se pueden clasificar en cuatro tipos:

- Residuos altamente ricos en nitrógeno como estiércoles (Tipo 1).
- Residuos medianamente ricos en nitrógeno como restos alimenticios crudos, cáscaras de frutas y verduras, poda y pasto fresco (Tipo 2).
- Residuos medianamente ricos en carbono como hojas secas, paja, agujas de pino y cáscaras de maíz (Tipo 3).
- Residuos altamente ricos en carbono como aserrín, periódico, cartón y astillas de madera (Tipo 4).

La correcta mezcla de dos o más de estos residuos permiten alcanzar mezclas para compost adecuadas. En la Tabla 2 se presentan algunas combinaciones que se pueden obtener dependiendo de la disponibilidad de los residuos.

**Tabla 2**

*Combinaciones de residuos orgánicos para preparar compost.*

Combinación	Proporciones de residuos orgánicos			
	Tipo 1	Tipo 2	Tipo 3	Tipo 4
Ejemplo 1	70%	-	-	30%
Ejemplo 2	50%	35%	-	15%
Ejemplo 3	40%	40%	10%	10%

Estas combinaciones se calculan sobre proporciones volumétricas (pueden medirse con cualquier recipiente) y son aproximaciones que pueden variar ligeramente. Por ejemplo, una mezcla con la tercera combinación indica que por cada balde de residuos tipo 1 se deben agregar cuatro de tipo 2, uno de tipo 3 y uno de tipo 4.

Si cuenta con residuos muy grandes (>7cm) o muy duros (como madera o grandes semillas) considere triturarlos antes de incluirlos.

### ***Cargue del equipo.***

Antes del cargar el equipo se debe verificar:

- Que no haya objetos alrededor que puedan obstruir las piezas móviles (piezas 1, 2,3,6,7,8,18 y 21).
- Que el suministro eléctrico esté funcionando correctamente y el equipo esté bien conectado al tomacorriente.

Habiendo verificado lo anterior se procede a accionar la rotación del equipo, para ello diríjase al panel de control (pieza 9) y presione el botón verde. Este paso es fundamental para que los residuos se distribuyan correctamente a lo largo del tambor y la entrada no sea obstruida.

A través de la tolva (pieza 15) empiece a agregar los residuos de acuerdo con las proporciones antes seleccionadas, hágalo progresivamente para evitar que el ducto se tape e intercambie el tipo de residuo que va a agregando para que se distribuyan homogéneamente. Continúe con el proceso de carga hasta que el tambor este lleno un poco por encima de la mitad o hasta que los residuos empiecen a ocupar parte del ducto de alimentación.

Cuando termine el cargue del equipo asegúrese de detenerlo en la posición adecuada. Para ello permita que el tambor gire hasta que las flechas indicadoras en el tambor (pieza 14) y la tapa

posterior se alineen y accione el botón rojo del panel de control. Esto permitirá que la sonda del termómetro quede inmersa en el sustrato y pueda realizar un correcto monitoreo de la temperatura.

### ***Volteo.***

El proceso de volteo es el que permite que las partículas se mezclen y se reacomoden para que todas sean sometidas a altas temperaturas. Además, alimenta el proceso con aire nuevo que oxigena la mezcla y acelera la descomposición. La frecuencia de volteo recomendada es cada 24 horas sin embargo puede aumentarla si nota que la temperatura supera los 65°C.

Para realizar el volteo el equipo debe estar libre de obstrucciones en sus partes móviles, con los agujeros de ventilación abiertos, conectado al tomacorriente eléctrica y con el suministro eléctrico activo.

Busque el panel de control y presione el botón verde, así el equipo comenzará a rotar. Mantenga el equipo encendido por al menos 10 minutos, esto permitirá un correcto mezclado de las partículas, así como un intercambio entre el aire saturado de vapor de agua y gases del interior del tambor con el aire nuevo rico en oxígeno del exterior.

Para detener el volteo espere que las flechas indicadoras se alineen y únicamente presione el botón rojo del panel de control.

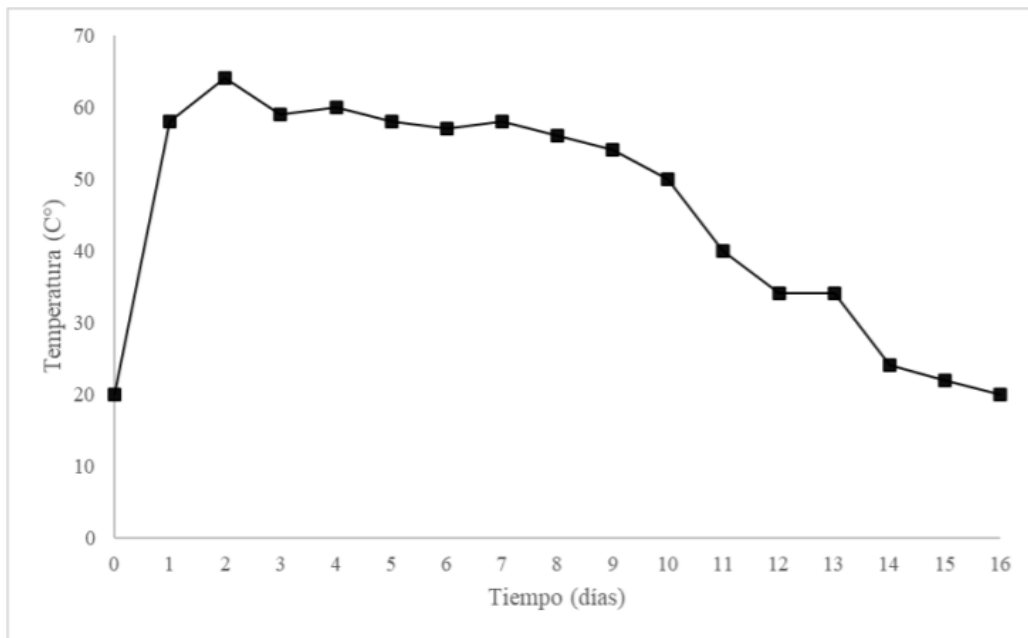
### ***Monitoreo de la temperatura.***

La toma de la temperatura es algo fundamental para identificar el curso del proceso y la etapa en la que se encuentra, por lo que debe seguir este parámetro por lo menos una vez al día y antes de realizar el volteo. Para tomar la temperatura identifique la posición del termómetro (pieza 20) que estará del lado derecho del tambor cuando las flechas indicadoras estén correctamente alineadas y usted se encuentre viendo desde la tapa posterior. El termómetro cuenta con un dial en el que una aguja marcará la temperatura, este es el dato de interés.

Aunque la temperatura puede variar mucho en el proceso, la tendencia debe ser un calentamiento acelerado entre las primeras 24 a 72 horas que no debe superar los 70°C y luego un descenso progresivo de la temperatura hasta estabilizarse en valores cercanos a la temperatura ambiente al cabo de unos 12 a 20 días. La Figura 2 enseña el comportamiento esperado.

### Figura 2

*Curva de temperatura de compost esperada.*



Si la temperatura supera los 65°C puede intentar disminuirla aumentando la frecuencia de volteo, si esto no es suficiente significa que la mezcla de residuos tiene demasiado nitrógeno por lo que deberá considerar agregar materiales ricos en carbono a la mezcla.

Por el contrario, si la temperatura no sube por encima de 45°C dentro de las primeras 72 horas indica una deficiencia de nitrógeno por lo que deberá agregar materiales ricos en este elemento a la mezcla como residuos frescos.



### ***Descarga del equipo.***

Cuando la temperatura del sustrato se estabilice cerca a la del ambiente es momento de extraer el producto, pues continuar con los volteos en este punto puede ser perjudicial. Para realizar la extracción encienda el equipo de forma similar a si fuera a realizar un volteo, y con el tambor rotando proceda a abrir la compuerta de descarga (pieza 11) que se encuentra en la tapa posterior.

Disponga de una lona o plástico bajo la compuerta para evitar que el compost se contamine y pueda recuperar la máxima cantidad posible, la propia rotación se encargará de vaciar el tambor. Utilice una pala para ir despejando el área bajo la compuerta y permitir que siga saliendo el producto sin dificultad. Traslade este material a bolsas, costales o amontónelo formando una pila. La última porción de la carga probablemente no se pueda extraer únicamente mediante la rotación para lo cual puede ayudarse de una pala de madera o plástico que le permita arrastrar el material hasta la compuerta sin estropear el recubrimiento interno del tambor.

Es importante que antes de utilizar el compost extraído lo almacene por al menos 20 días, este periodo permitirá que la maduración se complete y el producto sea más estable y benéfico para el suelo y sus plantas.

## Apéndice E: Informe de resultados de propiedades fisicoquímicas.

	<b>LABORATORIO QUÍMICO DE CONSULTAS INDUSTRIALES</b>	<b>Código:</b> F-PA-02	
	<b>POST-ANALITICO</b>	<b>Versión:</b> 09	
	<b>INFORME DE RESULTADOS</b>	<b>Fecha:</b> 2020-10-02 Página 1 de 2	



*"Acreditación por el IDEAM según la Resolución No. 0400 de 2019, en los parámetros Alcalinidad, Cloruros, Dureza, Nitritos, Nitratos, Fósforo, Hierro Total, DBO<sub>5</sub>, DQO, SST, SAAM, Fenoles, metales totales y disueltos en aguas, pH y metales totales en suelos, TCLP en residuos peligrosos y toma de muestras puntuales y compuestas"*



*Autorización del Ministerio de la Protección Social, mediante la resolución 1615 de 2015, para la realización de análisis físicos, químicos y microbiológicos al agua para consumo humano"*



*Certificación ICA para el control de calidad de fertilizantes de uso agrícola, mediante Resolución N. 72137 del 27 de julio de 2020; en los parámetros de: Azufre, Boro, Silicio Soluble, Cadmio, Cobre, Cromo, Hierro, Magnesio, Manganeso, Níquel, Plomo, Sodio y Zinc por Absorción Atómica. CIC, Capacidad de Retención por agua, Carbonatos por volumetría, Carbono Orgánico Oxidable total, Cenizas, conductividad, Contenido de sólidos, pH, P, K, N, As, Hg, Humedad*

<b>Informe de resultados No.</b>	<b>I-22-002</b>	<b>Fecha de emisión:</b>	<b>Enero 20 de 2022</b>
<b>Cliente:</b>	<b>WILLIE MARTÍN SALAZAR VILLAMIZAR</b>		
<b>Dirección del cliente:</b>	Carrera 44 No. 198-125 Bosques de La Florida		
<b>Solicitud de servicio No.</b>	22-001	<b>No. de muestras:</b>	01
<b>Fecha de recepción de las muestras:</b>	Enero 11 de 2021		
<b>Muestras recibidas por:</b>	Natalia Gallo C		
<b>Fecha de análisis:</b>	Enero 12 de 2022 – Enero 18 de 2022		

### 1. ANALISIS FISICOQUIMICO

<b>Codificación de la Muestra:</b>	22-001	<b>Tipo de muestra:</b>	Compuesta
<b>Identificación de la muestra:</b>	Muestra Lote 2		
<b>Matriz de la muestra:</b>	Compostaje		
<b>Muestreo realizado por:</b>	El Cliente		
<b>Lugar y punto de muestreo:</b>	Cerrito (Santander) – Vereda Tinagá- Finca Las Cuadras		
<b>Fecha del muestreo:</b>	Diciembre 2021		

PARAMETRO	RESULTADO	METODO
Humedad (%)	32,64	Gravimétrico / NTC 5167
Carbono Orgánico Total (%C)	15,10	Espectrofotométrico / NTC 5167
Nitrógeno (% N)	1,384	Digestión Kjeldahl-Titrimétrico/NTC5167
Nitrógeno Orgánico (% N)	1,194	Digestión Kjeldahl-Titrimétrico/NTC5167

**Observaciones:** Ninguna

**Nota 1:** Estos resultados son válidos únicamente para las muestras analizadas y reportadas por el laboratorio.

	<b>LABORATORIO QUÍMICO DE CONSULTAS INDUSTRIALES</b>	<b>Código:</b> F-PA-02	
	<b>POST-ANALITICO</b>	<b>Versión:</b> 09	
	<b>INFORME DE RESULTADOS</b>	<b>Fecha:</b> 2020/10/02 Página 2 de 2	

Informe de resultados No. I-22-002

Solicitud de servicio No. 22-001

**Nota 2:** En caso de ser copia del resultado original se realizará la siguiente aclaración: Copia del resultado original.

**Estimado Cliente:** Para nosotros es muy importante conocer sus inquietudes, sugerencias, felicitaciones, quejas y/o reclamos en los servicios prestados por el laboratorio, con el propósito de mejorar nuestros servicios. Le agradecemos que se comunique con el laboratorio, donde un miembro del personal amablemente recibirá su solicitud y pronto estaremos en comunicación con usted para aclarar y/o resolver su requerimiento.

Revisó y aprobó:



**Luz Yolanda Vargas Fiallo**  
Directora del Laboratorio  
Química. M.Sc Química UIS  
MP PQ 1144

*Elaboró: Ing Natalia Gallo C.*