

# Sistema de captación de agua y riego Aplicado al aguacate

Tesis Profesional que para obtener el  
Título de Diseñador Industrial presenta:  
**DIANA ELIZABETH JUÁREZ ROBLES.**

Con la dirección de  
D.I. MARTA RUIZ GARCIA  
y la asesoría de  
M.D.I. EMMA VAZQUEZ MALAGON  
DR. FERNANDO MARTIN JUEZ  
D.I. JORGE VADILLO LOPEZ  
D.I. JOSE LUIS ALEGRIA FORMOSO

*“Declaro que este proyecto de tesis es totalmente de  
mi autoría y que no ha sido presentado previamente en  
ninguna otra Institución Educativa. Y autorizo a la UNAM  
para que publique este documento por los medios que  
juzgue pertinentes.”*

Cd. Universitaria, D. F. 2014





Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE  
MÉXICO

Coordinación de Exámenes Profesionales  
Facultad de Arquitectura, UNAM  
PRESENTE

EP01 Certificado de aprobación de  
impresión de Tesis.

El director de tesis y los cuatro asesores que suscriben, después de revisar la tesis del alumno

NOMBRE JUAREZ ROBLES DIANA ELIZABETH

No. DE CUENTA 409003347

NOMBRE DE LA TESIS SISTEMA DE CAPTACIÓN DE AGUA Y RIEGO

OPCIÓN DE TITULACIÓN TESIS Y EXAMEN PROFESIONAL

Consideran que el nivel de complejidad y de calidad de LA TESIS, cumple con los requisitos de este Centro, por lo que autorizan su impresión y firman la presente como jurado del

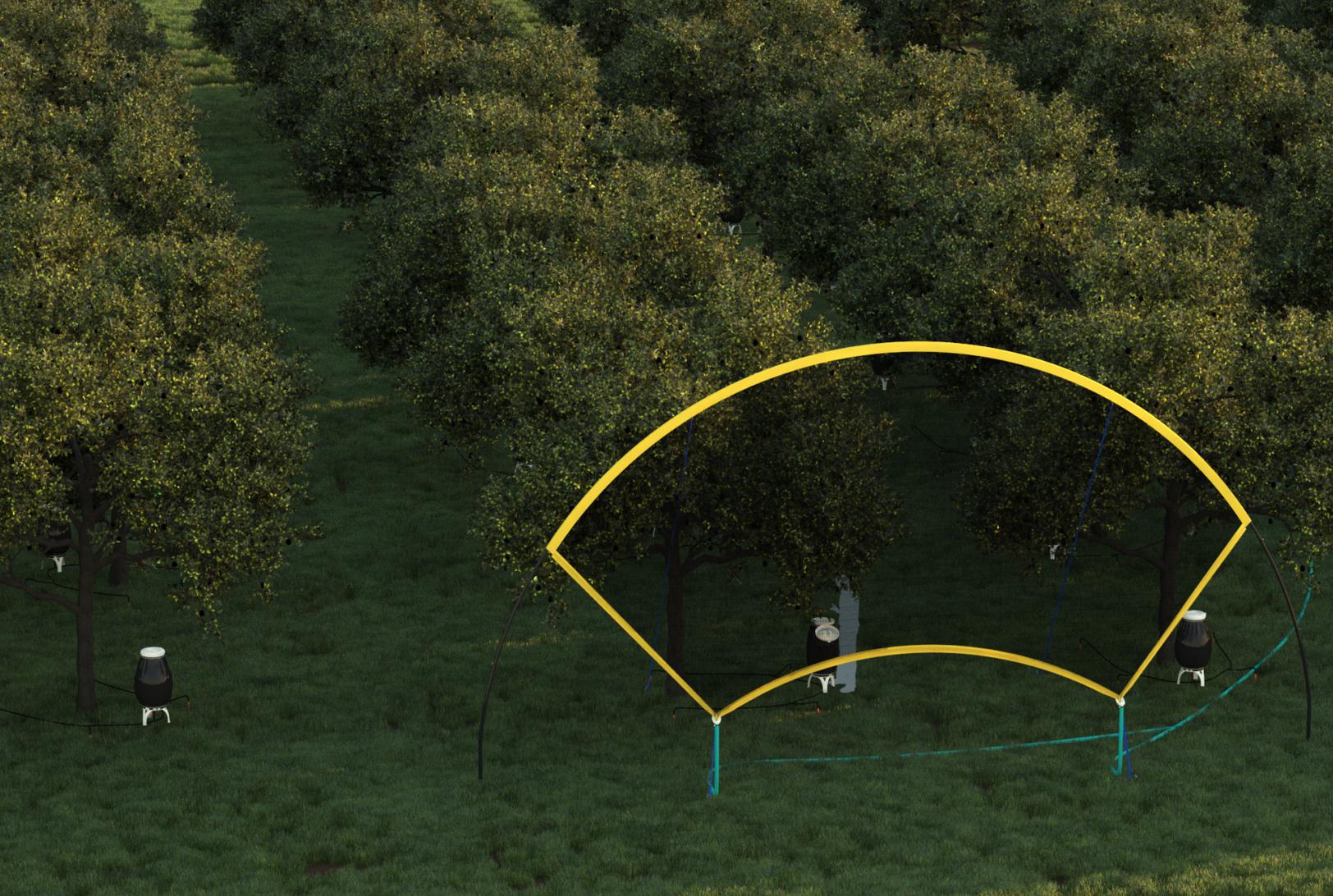
Examen Profesional que se celebrará el día de de a las hrs.

Para obtener el título de DISEÑADORA INDUSTRIAL

ATENTAMENTE  
"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"  
Ciudad Universitaria, D.F. a 26 de mayo de 2014

NOMBRE	FIRMA
PRESIDENTE D.I. MARTA RUIZ GARCIA	
VOCAL M.D.I. EMMA VAZQUEZ MALAGON	
SECRETARIO DR. FERNANDO MARTIN JUEZ	
PRIMER SUPLENTE D.I. JORGE VADILLO LOPEZ	
SEGUNDO SUPLENTE D.I. JOSE LUIS ALEGRIA FORMOSO	

ARQ. MARCOS MAZARI HIRIART  
Vo. Bo. del Director de la Facultad



## FICHA TÉCNICA

En este documento se encuentra el proceso de desarrollo para el diseño de un sistema de captación de agua de lluvia y riego por ósmosis a través de membrana cerámica con contenedor de agua, aplicado al aguacate.

Para la elaboración de este proyecto se contó con la asesoría de profesores del CIDI UNAM dentro de la identificación y justificación del problema, durante desarrollo conceptual de la propuesta de diseño y asesoría técnica productiva.

Además contó con la colaboración de expertos en el tema del aguacate y riego del Colegio de Postgraduados Campus Puebla para los temas específicos del cultivo. Así como con la participación de los productores de aguacate de Atlixco, Puebla, quienes brindaron su experiencia personal, su conocimiento del tema y propuestas.

Durante el proceso se realizaron en un inicio consultas a fuentes bibliográficas para obtener un panorama general de la necesidades del cultivo. Posteriormente se inició la investigación de campo a través de encuestas y entrevistas a los productores de aguacate. Finalmente se realizó un proceso de experimentación para determinar la forma en que se realizaría el riego y la captación.

El sistema será adquirido por los productores agrícolas que requieran de captación de lluvia, almacenaje y/o distribución eficiente del agua. Principalmente dentro de las zonas rurales del país, pero no se descarta el uso tanto del sistema de captación como el de riego para los huertos urbanos. Al ser un sistema planteado en unidades, el precio será determinado únicamente por las necesidades de cada usuario, pero se cuenta con un precio base aproximado de \$16,000 por Ha de 100 árboles y de \$7,000 por captador.

La disponibilidad de agua es un factor importante que afecta directamente la capacidad productiva de los cultivos, es por eso que el sistema de captación, ofrece una fuente renovable de agua que disminuye el agotamiento del agua subterránea y además ofrece protección contra los vientos, en especial para el caso del aguacate. Una vez obtenida el agua es importante contar con una forma de distribución eficiente, lo cual no siempre es posible con los sistemas de riego actuales que requieren de una inversión fija inicial.

Uno de los principales aportes de este sistema de captación y riego es su capacidad de adaptación a las necesidades de cada usuario, ya sea porque no se cuenta con el dinero para una inversión inicial fuerte o si el terreno de cultivo es pequeño.

## Quiero agradecer a:

*Mis padres, Antonia y Arturo, por todo el apoyo y paciencia durante el desarrollo de este trabajo, a pesar de pensar que estaba loca siempre me ayudaron, acompañaron y alentaron.*

*Mis tíos, Sonia y Alfredo, porque son mis segundos papás y jamás podré pagarles todo lo que han hecho por mí.*

*Mi hermano, por siempre terminar ayudándome.*

*Gilberto, por ser un buen miguel, animándome en los momentos que más me hacía falta.*

*Mis tutores Marta Ruiz, Emma Vazquez y Fernando Martín, por todo el tiempo y trabajo, pero principalmente por no dejar que me rindiera.*

*Saúl Grimaldo, Sergio Torres, José Luis Alegría y Luis Bermudez, por su asesoría brindándome nuevos puntos de vista. Jorge Vadillo, por su compromiso y velocidad al revisar este trabajo.*

*Dr. Nicolas Gutiérrez, Dr. Luis Alberto Villarreal, Ing. Rodolfo Juárez y todos los productores de aguacate que participaron, por todo su conocimiento y ganas de probar nuevos proyectos.*

*La UNAM y el CIDI, por formarme y brindarme la oportunidad de conocer buenos amigos.*

	Introducción
10	<i>Temática general</i>
13	<i>Identificación del problema</i>
23	<i>Justificación del problema</i>
	Antecedentes
29	<i>El aguacate</i>
42	<i>Agua y suelo</i>
51	<i>Agricultura de conservación</i>
56	<i>Cultura campesina mexicana</i>
	Análogos
63	<i>Captación de agua</i>
68	<i>Sistemas de riego</i>
72	Formulación del problema
73	Objetivos
74	Orden de trabajo
	Perfil de Diseño de Producto
76	<i>Aspectos generales</i>
76	<i>Aspectos de mercado</i>
78	<i>Aspectos funcionales</i>
79	<i>Aspectos productivos</i>
80	<i>Aspectos ergonómicos</i>
81	<i>Aspectos estéticos</i>
82	Conceptos

	Desarrollo
98	<i>Diseño experimental</i>
100	<i>Captación de agua</i>
106	<i>Distribución del agua</i>
111	<i>Modelos funcionales</i>
116	<i>Análisis de usuario</i>
	Propuesta final
122	<i>Cartel explicativo</i>
124	<i>Aportaciones</i>
	Memoria descriptiva
128	<i>General</i>
130	<i>Función</i>
148	<i>Producción</i>
157	<i>Ergonomía</i>
168	<i>Estética</i>
172	Costos del proyecto
177	Planos
	Conclusiones
196	<i>Desarrollo del proyecto</i>
197	<i>Contribuciones</i>
199	<i>Prospectiva</i>
201	Anexos
221	Fuentes





## Introducción

## TEMÁTICA GENERAL

En México se tienen muchas deficiencias en cuanto a los medidores de calidad de vida se refiere, siendo el indicador de satisfacción de vida el único que se encuentra por encima de la media dentro de la OCDE. La satisfacción con la vida es un tema subjetivo que solo puede ser medido a partir de la percepción de la gente, sin embargo se cuenta con información que dentro de nuestro país los temas que menos satisfacción proporcionan en orden de importancia son: la comunidad, el trabajo y lo económico.

Es así como en un intento por concentrarnos en un tema de trascendencia elegí trabajar en la población más vulnerable económicamente del país, el sector primario de la producción, dónde se concentra un cuarto de la población generando apenas entre un 3-4% del PIB nacional. Este sector es el encargado de proporcionarnos la alimentación y se está quedando muy por debajo de la cantidad que debería generar, en gran parte debido a malas políticas, pero mediante buenas prácticas agrícolas y la implementación de tecnología esto puede cambiar.

El propósito de este proyecto de investigación es el de realizar un objeto que logre satisfacer la necesidad de seguridad en el logro de la cosecha para los campesinos e incluso llegar a aumentar sus producciones para que comience a ser un negocio rentable. Además se pretende que esto se logre sin comprometer su futuro productivo, cuidando los recursos de suelo y agua.

Para el desarrollo de este proyecto el sistema se dirigirá a los cultivos de aguacate, debido a la gran demanda del fruto, que se encuentra en crecimiento tanto nacional como internacionalmente; además de ser uno de los pocos cultivos que puede generarle al productor verdaderas ganancias si es llevado de la forma correcta.

El aguacate, como cualquier cultivo, requiere de ciertas condiciones para su desarrollo. Existen amenazas como el granizo, heladas, viento, exceso y falta de agua. Cualquiera de estos puntos y dependiendo del sitio dónde se localice puede ser un factor determinante para lograr o no la producción. Sin embargo la falta de agua es un problema dónde se puede perder la inversión de años de trabajo y dinero. Para que el aguacate llegue a ser productivo puede llevarle al campesino cuatro años para



empezar a obtener rendimientos significativos. Incluyendo el hecho de que el cambio climático implica tiempos de sequía prolongados y lluvias más intensas, aumentando la seguridad del sector.

*Cultivo de árboles de aguacate en Atlixco, Puebla.*

La propuesta es encontrar la forma de asegurar el logro de la cosecha, permanencia de la plantación, incluso aumentar la producción, sin olvidarse de cuidar de los recursos con los que se cuentan para que puedan seguir siendo productivos por mucho tiempo más. Todo esto por medio de tener un sistema de riego que incluya la captación y distribución eficiente del recurso hídrico, tomando en cuenta también que este sistema debe de ser de bajo costo.

Trabajar con un objeto que debe ser altamente funcional, no deja de lado que deba integrarse a la cultura en la que se introducirá, para que éste no falle. Es entonces que tomar en cuenta cosas como ser asequible, entendible, adaptable y reparable por el usuario se vuelven una parte importante del proyecto.

Nuestro estudio comenzará con las necesidades específicas del cultivo del aguacate; entendiendo su ciclo, acomodo, uso de agua, suelo, entre otros factores importantes para su cultivo. Para continuar con el agua, sus propiedades, usos y distribución geográfica en México. El fenómeno de desertificación es otro punto importante, dónde se hablará de los buenos usos y costumbres para evitar la degradación del suelo, ya que también de este tipo de prácticas depende que se pueda asegurar en el futuro la fertilidad de la tierra. Se dará un antecedente de la cultura hídrica en México, así como el uso de color y técnicas de producción de objetos más comunes.

Después de la etapa de búsqueda bibliográfica se pasa a la parte de desarrollo del proyecto, comenzando con las propuestas conceptuales que fueron analizadas, puestas a prueba y mejoradas durante el desarrollo del proyecto. Algunas de las pruebas fueron realizadas de forma física, mientras que otras se definieron mediante cálculos de estrés para las estructuras.

Para llegar al resultado final que plantea un desarrollo que cubra el ciclo completo de uso de agua, de una forma racional y de comunicación con el usuario.

# IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA



*Figura 1. Bienestar\**

Para el desarrollo de este proyecto se realizó un proceso para la búsqueda de innovación en la sociedad a partir de un planteamiento de diseño industrial. Por medio del Método Diseño Estratégico Social se comenzó con el tema de Calidad de Vida como la problemática general a desarrollar, para así llegar a un problema de diseño estratégico dentro del medio local.

Es así como para lograr el planteamiento del problema para este proyecto se siguió la siguiente línea de investigación.

## LA CALIDAD DE VIDA

La calidad de vida tiene diferentes formas de entenderse y medirse. Se puede referir al bienestar (*Figura 1*) en sociedades e individuos, que toma en cuenta las condiciones de vida “objetivas” y el bienestar “subjetivo”, y la satisfacción colectiva. En ella influyen los factores materiales, ambientales, gubernamentales, comunales y de bienestar subjetivo. <sup>1</sup>

Se mide a través de los diferentes índices, como el establecido por la ONU como Índice de Desarrollo Humano (IDH), el dado por La Organización Mundial de la Salud (OMS), La Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE), el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), entre otros.

En el caso de la OCDE se toma en cuenta la situación de 34 países miembros de la organización, que toma en cuenta las economías desarrolladas del mundo, economías emergentes y países clave. <sup>2</sup> Proporcionando información sobre los factores que en cada país contribuyen a obtener mayor calidad de vida. En éste se miden los factores de vivienda, ingreso, empleo, comunidad, educación, medio ambiente, compromiso cívico, salud, satisfacción de vida, seguridad y balance entre trabajo y vida.

Este índice lleva a percatarse que México se encuentra como el penúltimo país dentro de la organización en cuanto a calidad de vida. <sup>3</sup>

## ÍNDICE DE CALIDAD DE VIDA EN MÉXICO

La OCDE dice que, a pesar de su baja calificación, México ha realizado progresos en los temas de educación, trabajo y salud, impulsando la calidad de vida de sus ciudadanos. Sin embargo, nos encontramos muy por debajo de la media en la organización en salario, en cuanto a empleo tenemos una ocupación para trabajo pagado de 60%, mientras que la media se encuentra en 66%, aunado a la disparidad entre ocupación de hombres 78% y mujeres 44%, además en México que se trabaja durante más tiempo que la mayoría en la OCDE con 1866 horas al año y en el número 34 de 36 de menores ingresos. En la Salud, la calidad de aire México tiene 33 microgramos por metro cúbico de pequeñas partículas contaminantes capaces de dañar los pulmones, contra un promedio de 22, tam-

1. Palomba, Rossella. 2002

2. Stafaner, Mortiz. 2012

3. Stafaner, Mortiz. 2012

bién en cuanto a la calidad del agua México se encuentra bajo con un 72% de personas satisfechas contra el promedio de 85% en la OCDE. En la esfera de lo público, México tiene un sentido de comunidad y nivel de participación cívica moderado, con un 81% (91% promedio OCDE) de personas que creen que en tiempos de necesidad pueden confiar en alguien. Sin embargo, en cuanto a satisfacción de vida, en México nos encontramos con que el 78% de la población dice tener más experiencias positivas que negativas, por encima del promedio de 72% para la OCDE. (Figura 2)<sup>4</sup>

Comprendiendo que México se encuentra por debajo del promedio en la mayoría de los estándares de calidad de vida, surge la necesidad de analizar el único punto dónde se encuentra por encima, la Satisfacción de Vida. (Figura 3)

A pesar de parecer una contradicción el encontrarnos en penúltimo lugar en cuanto al Índice de Calidad de Vida de la OCDE, pero por encima del promedio en el indicador de satisfacción de vida, se debe entender que este se encuentra basado en la subjetividad de lo que las personas sienten.



Figura 3. Índices de calidad de vida para México

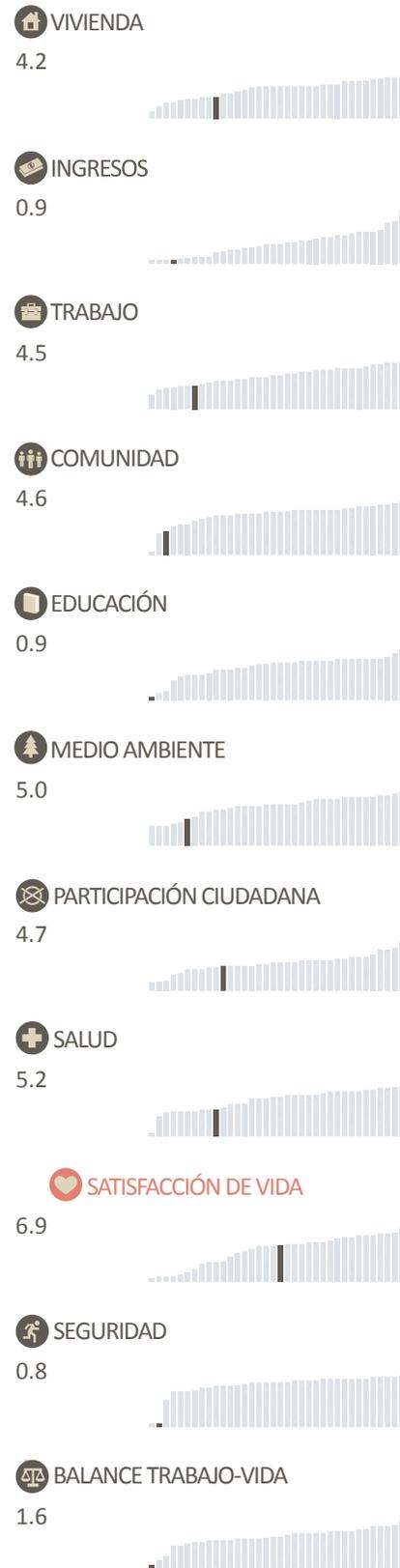


Figura 2. Índices de calidad de vida de México en comparación con todos los países de la OCDE.

4. Stafaner, Moritz. 2012

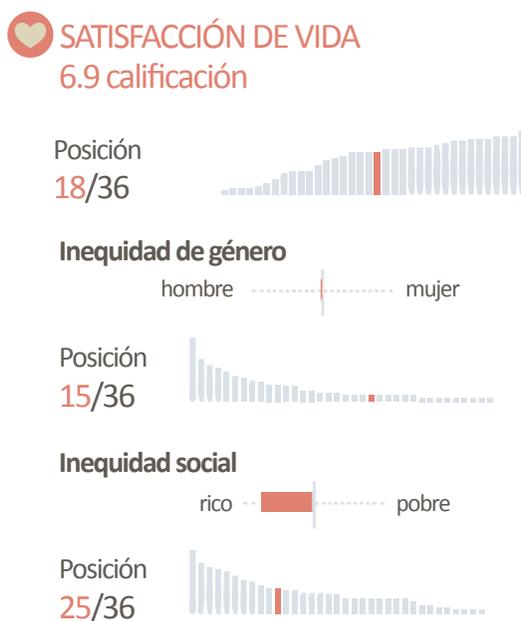
## EL ÍNDICE SATISFACCIÓN DE VIDA

La Satisfacción de Vida es una de las formas en las cuales se puede medir la felicidad, partiendo de la presencia de experiencias y sentimientos positivos con la ausencia de sentimientos y experiencias negativas. A pesar de su subjetividad, como se mencionó antes, es una medida necesaria para complementar el sentido de la calidad de vida.

Se evalúan las condiciones y circunstancias que son importantes para el bienestar subjetivo. La evaluación parte de una escala del 0-10, donde los mexicanos obtuvieron un 6.9 a la pregunta de cómo evalúan su satisfacción general con la vida, arriba del promedio de 6.7 para la OCDE.

Dentro de todos los países de la OCDE se puede hallar una discrepancia entre la satisfacción de vida de los hombres y las mujeres. En México los hombres evalúan con un 6.9 su satisfacción de vida, mientras que las mujeres lo hacen con un 6.8. Además el estatus social es otro factor con una marcada diferencia en cuanto a la percepción de la satisfacción, el 20% de ingresos más bajos de los mexicanos calificó su bienestar con 6.3, muy por debajo del 20% de ingresos superiores que calificó con 7.8. (Figura 4)

Figura 4. Satisfacción de vida para México



La felicidad o bienestar subjetivo, también es definido en cuanto a la presencia de experiencias y sentimientos positivos, así como la ausencia de experiencias y sentimientos negativos. Dentro de este parámetro México se encuentra por encima del promedio de 72% de la OCDE para experiencias positivas durante el día, califica con un 78% de experiencias positivas en los sentimientos de descanso, orgullo de sus logros, empleo, etc, contra experiencias negativas como dolor, preocupación, tristeza, aburrimiento, etc; haciendo a México uno de los países más felices dentro de la OCDE. 5

Dentro de la satisfacción de vida se pueden identificar siete dominios básicos como factor de análisis:

5. Stafaner, Mortiz. 2012

1. **Salud.** Como la satisfacción con la actual salud la disponibilidad y calidad de los servicios médicos.
2. **Económico.** Con los factores de poder de compra, ingreso del hogar, situación financiera, condiciones de vivienda.
3. **Laboral.** Satisfacción con la actividad, responsabilidades laborales, estabilidad laboral, relación con sus superiores.
4. **Familia.** Relación de pareja, relación con los hijos, relación con el resto de la familia.
5. **Amigos.** Relaciones de amistad, tiempo para amigos.
6. **Personal.** Actividades de ocio y recreación, disponibilidad de tiempo, desarrollo personal, educación.
7. **Comunal.** Servicios públicos, satisfacción con los vecinos.

Estos dominios al ser cruzados con diferentes grupos socio-demográficos como género, edad, educación e ingresos dentro de la población. Muestran la diferenciación dependiendo del lugar del observador y concentrando los aspectos de mayor importancia para lograr satisfacción de vida.

Las siguientes gráficas se aplican a un muestreo hecho en el centro del país, incluyendo el Distrito Federal. Donde para los dominios se tomo una escala del 0 al 100 de porcentaje de experiencias positivas y del 0-10 para la satisfacción de vida en general.

### Edad

Se puede observar que dependiendo del grupo de edad al que se pertenezca será la satisfacción con la vida, dónde los viejos se encuentran en general menos satisfechos. Dependiendo de la etapa de la vida en la cual nos encontremos aspectos como lo laboral y lo económico van ligados con edades productivas (31-40), mientras que la salud y la familia se encuentran en el rango de edad de juventud (18-30). (Figura 5)

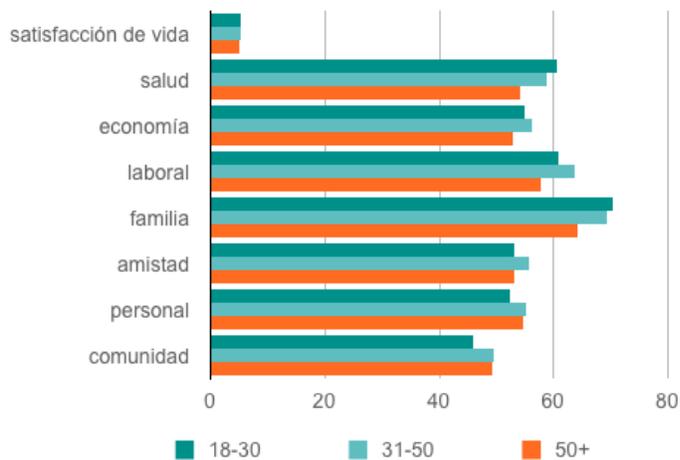
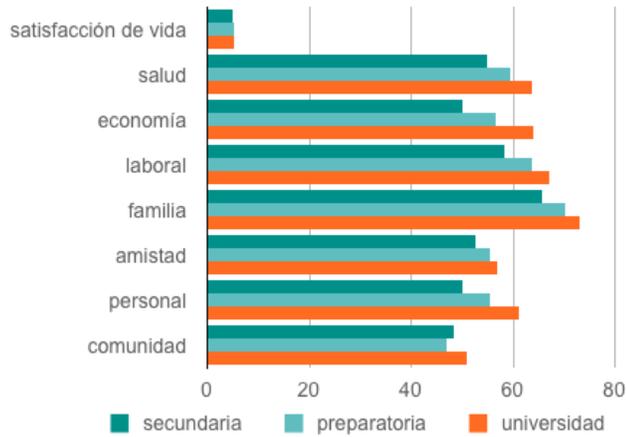


Figura 5. Índices de vida por Edad

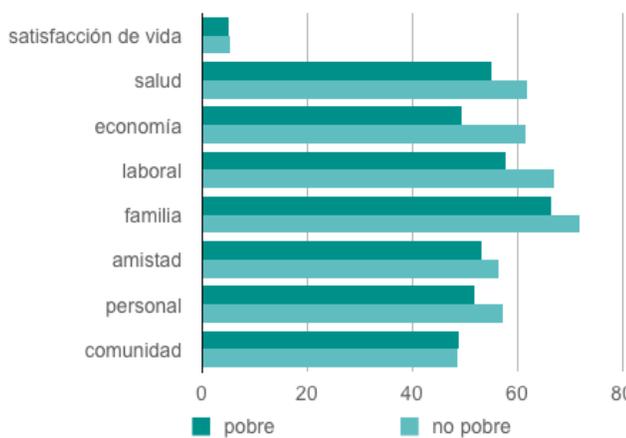
Figura 6. Índices de vida por Educación



### Educación

Con respecto a la variable de Educación (Figura 6), es evidente que las personas con mayor nivel de preparación (educación superior) se encuentran, en general, más satisfechos con su vida y encuentran un mayor porcentaje de satisfacción. El incremento mayor de satisfacción con respecto a la educación se encuentra en los dominios familiar, económico, laboral, personal y salud.

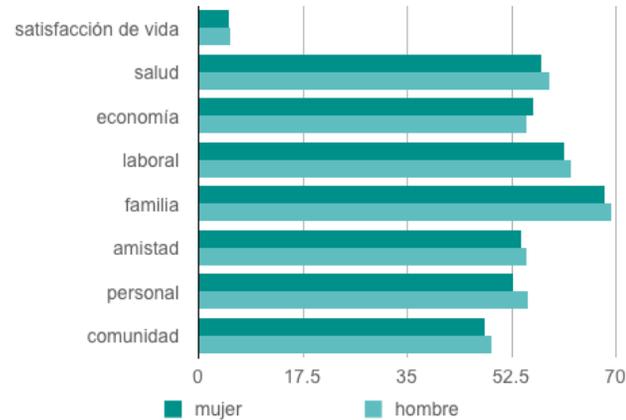
Figura 7. Índices de vida por Ingresos



### Ingresos

En cuanto al porcentaje de experiencias positivas entre el pobre (-\$5 000 MXN) y no pobre (+\$6 000 MXN) (Figura 7), también se denota la constante que mientras mayor es el ingreso, mayor la cantidad de experiencias positivas. Sin embargo, el dominio de comunidad se encuentra muy parejo, dejando claro que la satisfacción con la comunidad no se encuentra condicionada por los ingresos.

Figura 8. Índices de vida por género



### Género

La relación entre género (Figura 8) y los dominios de satisfacción se encuentran constantes brindándole mayor porcentaje (mínimo) de satisfacción al hombre que a la mujer. Con especial diferencia en el dominio de lo personal, dónde los hombres se encuentran cinco por ciento más satisfechos que las mujeres, haciendo hincapié que éste incluye aspectos de la vida, como educación,

crecimiento personal, actividades de recreación y disponibilidad de tiempo para enriquecimiento personal. Exceptuando el aspecto de lo económico, dónde las mujeres se encuentran más satisfechas. Poniendo en general al hombre en una posición más ventajosa en cuanto a la satisfacción con la vida. 6

De los resultados anteriores se puede hacer una tendencia hacia los aspectos que requieren intervención para lograr una mayor satisfacción de vida. Los grupos socio-demográficos de género y edad no pueden ser modificados ni controlados de ninguna manera, pero se puede tener injerencia dentro del nivel de educación e ingresos (sin comprender éstos como el factor determinante para obtener bienestar) para incrementar la satisfacción de vida en el país.

## FACTORES DE LA SATISFACCIÓN DE VIDA

La medición de la Satisfacción de Vida se encuentra en función de la presencia de experiencias y sentimientos positivos, en conjunto con la ausencia de experiencias y sentimientos negativos. Es así como para comprender mejor la Satisfacción de Vida se presenta el siguiente inventario de Experiencias Positivas.

- Actividades de recreación
- Orgullo
- Logros
- Placer
- Pertenencia
- Ausencia de dolor-tristeza 7

Todos estos factores de experiencias positivas no se encuentran limitados a los enunciados aquí ni a su clasificación general, son un todo que se entremezcla para lograr una vida más satisfactoria, desde la completa subjetividad y relatividad del sujeto.

Finalmente tener conciencia de todos estos aspectos permite obtener un panorama más amplio de lo que se busca para impulsar la satisfacción de vida desde la perspectiva holística y compleja que es el ser humano.

6. Rojas, Mariano. 2004

7. Kall, Rob 1996

## CRUCE DE FACTORES

Los dominios para la evaluación de la satisfacción de vida, cruzados con los grupos socio-económicos, nos arroja el hecho que el área de más contraste es la del grupo de ingresos (pobre-no pobre). De ahí se ubica que los dominios de mayor separación son los de económico y laboral, con muy poca diferenciación en lo comunal.

Entonces para combatir los dominios débiles de economía y laboral, se puede hacer uso del área comunal, como una oportunidad de cerrar los distanciamientos; buscando así el cruce con las experiencias positivas, especialmente con el orgullo, para lograr equilibrio o cuando menos disminuir la inequidad social en la percepción con la satisfacción de vida.

Las cuatro variables tomadas se encuentran entrelazadas, influyendo una dentro de otra (*Figura 9*). Comenzando con el factor económico, para lograr satisfacción de vida, se tomaron las experiencias positivas de: poder de compra, ingresos y situación financiera. Partiendo de una mayor ponderación a los ingresos, resulta que en México se encuentra lejos de ser una experiencia positiva, siendo uno de los países más desiguales en la distribución del mismo. Lo que lleva a la mayor parte del los habitantes del país (54% en pobreza) a una situación financiera de crisis, limitando su poder de compra y convirtiéndose en un problema social debido a la pronunciada división entre ricos y pobres. <sup>8</sup>

La inequidad social, entre rico-pobre, puede ser contrarrestada por medio de políticas de empleo, educación y sistemas de impuestos más justos y que se apliquen. Sin embargo, nos encontramos en una situación de sinergia difícil de detener, que es la baja productividad tanto en el sector primario como en el secundario, resultando en incapacidad para competir y lograr con esto la distribución equitativa de ingresos.

Dentro de los sectores de producción, la base para el desarrollo de los siguientes peldaños es el aumento de productividad en el sector primario. Específicamente hablando del Agro nacional, se encuentra muy por debajo del 75% de producción para autoconsumo que, según la FAO y OCDE, es el mínimo que un país debe producir para lograr independencia. <sup>9</sup>

Entre los elementos internos que limitan la producción nacional de la agricultura se encuentran; los minifundismos, ejidos de propiedades pequeñas, que aún no logran ser organizados, producti-

8. CNNExpansión. 2012

9. González Susana. 2012



vos y comercializadores. Otro elemento social es la no rentabilidad, se vuelve una actividad que ya no es productiva y es incosteable; en este caso se deberían limitar las importaciones, fomentar la inversión, y asegurar la compra de la producción por medio de contratos. En cuanto a los eventos climáticos, son elementos naturales, pero se han visto magnificados por la intervención humana, aumentando y acelerando la desertificación, haciendo más vulnerable al campo a fenómenos como las heladas, sequías e inundaciones.

*Figura 9. Relación factores de Satisfacción de vida*

Impulsar la productividad de la agricultura, hasta el mínimo de satisfacer nuestra propia demanda, puede ser un factor de riqueza al fortalecer la economía y estabilizar la canasta básica, y de desarrollo al tratarse ésta de la base para otros productos y actividades industriales, como los energéticos.

Sin embargo, el elemento externo resulta ser un importante limitador, donde intervienen intereses corporativos mundiales. La dependencia alimentaria de México ha aumentado a tal grado que para este año el 56% de los productos consumidos en el país son importados <sup>10</sup>, y se prevé que para 2030 aumentará al 80%. Dejando a México, en el año 2008, en un déficit de importaciones-exportaciones de 20% con 15 782 millones de dólares en importaciones y 12 087 millones de dólares en exportaciones. <sup>11</sup>

La dependencia alimentaria no sólo resulta en pérdidas monetarias, sino que pone al país en una situación de vulnerabilidad, dejando en riesgo la soberanía política y la seguridad social <sup>12</sup>; obedeciendo a intereses ajenos, para la primera, y aumentando la posibilidad de riesgo de hambruna por la escasez mundial, para la segunda.

Para terminar, debemos recordar que el 100% de los mexicanos dependemos del campo, pero aproximadamente un 30% vive de él. Dentro del factor laboral en México, encontramos que existe una muy mala distribución del empleo con una alta tasa de trabajadores por cuenta propia (empleo informal) ha consecuencia de la falta de competencia en el mercado, elevando la desigualdad de ingresos y frenando el empleo. Entonces se debe buscar incrementar las experiencias positivas en este rubro, principalmente dentro de la estabilidad laboral, gozar de empleo; pero sin dejar de la lado, el que la actividad te de un sentido, aprendas y mejores habilidades; así como fortalecer relaciones laborales e impulsar la satisfacción por medio de retos y sentir que se aporta.

Al concluir el proceso de identificación del problema observamos que para el proyecto la calidad de vida cuenta con diversos rubros y que al enfocarnos en la satisfacción de vida no se pueden descuidar los temas de mayor insatisfacción en nuestro país, que son lo económico y lo laboral. A partir de ambos factores fue que nos percatamos que la mitad de la población produce el 2.8% del P.I.B. nacional en el sector primario de la producción, dentro de éste el de mayor importancia es la agricultura.

10. Lavallo, Gerardo. 2011

11. Gonzalez G., Susana. 2011

12. Chávez Maya, Héctor. 2012

# JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA



Figura 10. Campesinos en México

## PANORAMA NACIONAL DE LA AGRICULTURA

La agricultura encuentra su importancia para el país en sus múltiples funciones dentro del desarrollo económico, social y ambiental.

a. Siendo ésta la base de la producción de alimentos, puede asegurar la alimentación, el costo de vida y el ingreso real.

b. Los productos agropecuarios se encuentran en la base de muchas actividades comerciales e in-

dustriales, considerando la agroindustria su participación en el PIB es superior al 9% y en México su potencial de crecimiento es amplio.

c. La agricultura es una actividad fundamental en el medio rural, donde aún habita casi la cuarta parte de la población. Aproximadamente el 22% de la población mexicana vive del campo. *(Figura 10)*

d. La agricultura en el campo mexicano es la actividad predominante, donde representa el 42% del ingreso familiar de la población más pobre. El progreso combinado de actividades agrícolas y no agrícolas (artesanías, extracción, ecoturismo, etc.), como soporte una de la otra, en el medio rural favorece el dinamismo económico y la generación de empleos

e. La pobreza es un problema (ético, político y económico) que requiere atención, ya que 6 de cada 10 habitantes mexicanos en situación de pobreza alimentaria reside en el medio rural, se requiere el desarrollo de la actividad agrícola.

f. El desarrollo rural incide positivamente en el desarrollo económico global, por medio del crecimiento de la demanda interna, equilibrio social, cohesión e integración nacional.

g. El desarrollo rural impulsa la igualdad de oportunidades, favoreciendo la equidad, seguridad y paz social en el país.

h. La sustentabilidad ambiental y conservación de recursos naturales, son desafíos globales que deben ser atendidos. Dónde el desarrollo agropecuario y rural tienen un papel fundamental para el cuidado y preservación de acuíferos, suelos, biodiversidad, bosques, vida marina y aguas interiores.

i. El desarrollo agrícola y rural es fundamental para la inserción internacional del país, por su incidencia en los temas de alimentación, empleo, recursos naturales, medio ambiente, ordenamiento territorial, ecoturismo, conservación del paisaje rural y patrimonio cultural.

j. Innegablemente muchas de las raíces culturales mexicanas y expresiones de identidad nacional se encuentran en el medio rural. Es en el México rural que el país encuentra la cultura profunda para brindarle su identidad y diferenciación en el ámbito global. <sup>13</sup>

13. FAO. 2012

Sin embargo, a pesar de la gran importancia de buscar su desarrollo, ésta se encuentra en un estado de baja productividad debido a diferentes fenómenos sociales, económicos, políticos y ambientales, influyendo unos dentro de otros.

Lamentablemente el campo mexicano no es una opción rentable para la mayoría de los productores que lo trabajan, dejando al 72% de los 25 millones de campesinos debajo de la pobreza. 14

Uno de los factores que llevan al campo a esta situación y que propicia su abandono, es la incertidumbre, magnificada por los eventos climáticos y la degradación de los recursos naturales. Dentro de los eventos climáticos, que son imprevisibles y contra los que poco se puede hacer, se encuentran las inundaciones, heladas, granizo y sequías; siendo ésta última la de mayor presencia en el último periodo, logrando afectar el 56% del país (principalmente el Norte). Se sabe que México es un país semidesértico y que principalmente en el norte se tienen problemas de desertificación, que se hacen cada vez más críticos por la escasez de agua recurrente y ascendente. 15

La sequía ha afectado principalmente a las entidades de Chihuahua (estado entero con algún grado de sequía), Coahuila, Durango (hasta la aridez total), Zacatecas (desastre por sequía) y San Luis Potosí; y a los cultivos de maíz 65% (\$9 000 millones en pérdidas), frijol 25% (6 000 millones en pérdidas), cebada y trigo 10%, así como al ganado bovino y vacuno. Las afectaciones, para el 2011, en la superficie agrícola se eleva a las 989 000 Ha y a 1 750 000 cabezas de ganado. 16 (Figura 11)



Figura 11. Afectaciones sequía

Estas pérdidas han llevado a efectos sociales, como la migración y la escasez de alimento. En Durango se han registrado pérdidas del 90% del maíz y frijol, así como 50% del ganado; obligando a un aproximado de 80,000 campesinos a migrar hacia las ciudades del estado y a Estados Unidos 17. En

14. García León, Mauricio. 2012

15. SEMARNAT-CONAGUA. 2012

16. Taniguchi, Hanaka. 2012

17. Ibarra, Richard. 2012

Nuevo León se migra a Monterrey. En Coahuila, dónde el campo y la minería son fuentes primordiales de trabajo, muchos jóvenes cruzan ilegalmente la frontera de los Estados Unidos.

Además la sequía ha ocasionado que estados como Tamaulipas tengan pérdidas de unas 10 000 Ha de maíz, frijol y caña de azúcar. Mientras que en Chihuahua 800 000 Ha son de temporal y la reciente escasez de lluvia ha dejado sin posibilidad de levantar la cosecha a 100 000 indígenas afectados, principalmente en la Sierra Tarahumara. <sup>18</sup>

Dentro de los efectos económicos acarreados por esta situación se encuentra la falta de ingresos por la destrucción de campos y un ganado flaco o muerto. Ha ocasionado de igual forma que los trabajadores del campo busquen otras formas de subsistencia cambiando de actividad económica, principalmente hacia el comercio informal, dónde 20% de los campesinos en Chihuahua rentaron sus parcelas para la siembra de marihuana y amapola. <sup>19</sup>

En general los campesinos han dejado de sembrar, reduciendo la producción nacional para el consumo interno, dónde el gobierno ha venido solucionando la situación por medio de las importaciones. <sup>20</sup>

La sequía a afectado también la producción de los frutales, en Torreón se tuvieron que derribar los árboles de huertos que se encontraban secos y muertos, tan sólo en el municipio de Nueva Ideal 400 Ha se vieron afectadas, y se ha tenido que cambiar el tipo de cultivo. <sup>21</sup>

En Tamaulipas la sequía afectó a los productores de naranja, haciendo que se perdieran alrededor de 2 mil árboles de cítricos, además afectó la producción con una caída de 200 mil toneladas debido a la falta de lluvia durante el periodo de floración. <sup>22</sup>

Los árboles frutales requieren de riegos cuando menos de apoyo para no perderlos, sin embargo el agua disponible en la tierra tiene que cubrir la necesidad de cada vez más humanos, donde el 69% del consumo es en agua para la agricultura. Aunque el agua usada dentro de la agricultura se denomina agua verde, ya que se devuelve al ciclo, ésta vuelve a los ríos y acuíferos con peor calidad.

El desafío es encontrar el equilibrio entre la mantención de éstos frutales para la alimentación de la población y el uso indiscriminado de agua.

19. Mejia, Gerardo. 2012

22. Figueroa, José. 2014

20. Caballero, José Luis. 2012

21. El siglo de Torreón. 2012

Algunos árboles frutales sensibles a la sequía son el cerezo, peral, manzano, aguacate, chirimoyo, zarzamora, cítricos, frambueso, papaya, kiwi y avellano. 23

Dentro de éstos cultivos México destaca como el primer productor y exportador de aguacate (Figura 12) con un incremento anual de 3,000 hectáreas de cultivo por año; de las cuales sólo la mitad cuentan con algún tipo de riego.

De la misma forma el riego que se usa no siempre es el más adecuado para el buen aprovechamiento del agua y cuidado del suelo, es por eso que se debe cambiar el riego por manguera o rodada por algún tipo de riego localizado. Evitando así pérdidas innecesarias de agua por infiltración cuando se satura el suelo, sobrepasando el área radicular. Así termina volviéndose no sólo una merma, sino también un problema de arrastre de nutrientes, acidificando el suelo y contaminando acuíferos y manantiales. 24

El panorama nacional de la agricultura es tremendamente contradictorio, por un lado es un tema de seguridad nacional asegurar el alimento para la población, pero por el otro el agricultor se encuentra inmerso en la pobreza e incertidumbre que dedicarse al campo representa en este país. Uno de los principales temas de incertidumbre son las sequías que en años pasados afectaron gravemente al país, lo que nos lleva a concluir que un sistema de obtención y distribución de agua es necesario para brindar seguridad a los productores. Finalmente elegir el aguacate como cultivo a aplicar el sistema responde a la importancia que ha venido cobrando tanto nacional como internacionalmente, así como ser un frutal sensible a la sequía.



Figura 12. Lugar de México en el mundo en el cultivo de aguacate.

23. Agrologico. 2011

24. Tapia, Luis. 2004

## CAPÍTULO 2



# Antecedentes

# EL AGUACATE

## CARACTERÍSTICAS Y DESCRIPCIÓN FÍSICA DEL CULTIVO

### Botánica

Clase: Dicotyledoneae

Orden: Ranales

Familia: Lauraceae

Género: Persea

Especie: americana

### Generalidades del cultivo

El cultivo del aguacate tiene su centro de origen en América, existen pruebas arqueológicas de su existencia en Tehuacán, Puebla de 12 000 años de antigüedad. Su distribución natural se realizó por México, Centro América, Colombia, Venezuela, Ecuador y Perú. Sin embargo, después de la conquista de México se logró dispersar a todo el mundo.

### Morfología

Puede llegar a medir más de 10 m de alto por más de 25m de diámetro.

**Copa:** tiene ramas extendidas, su forma es globosa yacampanada. Es polimórfica que puede ser columnar, piramidal, obovado, rectangular, circular, semicircular, semielíptico, irregular, entre otros.

**Tronco:** cilíndrico, erecto, leñoso, ramificado, corteza áspera y a veces surcada. El tronco puede llegar a los 12 m de largo con un diámetro de 1.5 m.

**Raíz:** su distribución radial es de pivote, muy ramificada. La raíz principal puede llegar al metro de profundidad y funciona como anclaje. Las raíces secundarias y terciarias forman del 80-90% de sus raíces, éstas llegan a una profundidad de 60 cm.

**Hoja:** tienen formas diversas que dependen del tipo de árbol, pero brotan en racimos. Su largo puede ir de los 8 a los 40 cm con un ancho de 3 a 10 cm. El árbol se defolia cuando existe renovación de ramas y hojas verdes que cumplen con su ciclo.

**Inflorescencias:** se pueden producir hasta un millón de flores, de los cuales solo el 0.01 a 1% se convertirán en fruto, “a mayor floración menor porcentaje de **cuajado**”.

**Fruto:** la fructificación se puede realizar en racimos o solitarios, con frutos de 100 a 3 000 gr, que pueden tardar en madurar 6 meses. Son de forma, color y textura muy diversa que depende del tipo; existen con forma de romboide, periforme, ovoide, globular o alargada. El color de la cáscara cuando se encuentra maduro va de verde claro a oscuro y violeta a negro, el color de la pulpa de marfil a verde. La corteza va de lisa a rugosa, con cáscara dura que resiste el transporte y la manipulación. La drupa es carnosa.

**Semilla:** son grandes, con forma de esferoide a ovalada.

### Diversidad genética

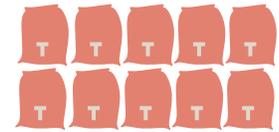
Existen tres razas que son la Mexicana, Guatemalteca y Antillana.

La raza **Mexicana** tiene un periodo de floración a maduración de 5-6 u 8 meses, tiene tolerancia a temperaturas muy bajas y hasta heladas, se encuentra adaptada a un suelo bien drenado y con nivel freático profundo.

La raza **Guatemalteca** cuenta con casi las mismas propiedades, a diferencia que su periodo de floración a maduración es de 10-15 meses.

La raza **Antillana** tiene un periodo de floración a maduración de

**Cuajado:** formación del fruto.



**REGADÍO**  
>10 ton/Ha



**SECANO**  
<4 ton/Ha

## FERTILIZACIÓN

En la siembra  
Depende del agua y zona

## CULTIVO

Eliminar malas hierbas  
Evitar plagas  
Proteger contra enfermedades

130 000 Ha cultivadas = \$16 000 millones

## COSECHA

Cíclico  
300-800 kg c/u

## RIEGO

671 L/árbol

## RIEGO

1596 L/árbol

## RIEGO

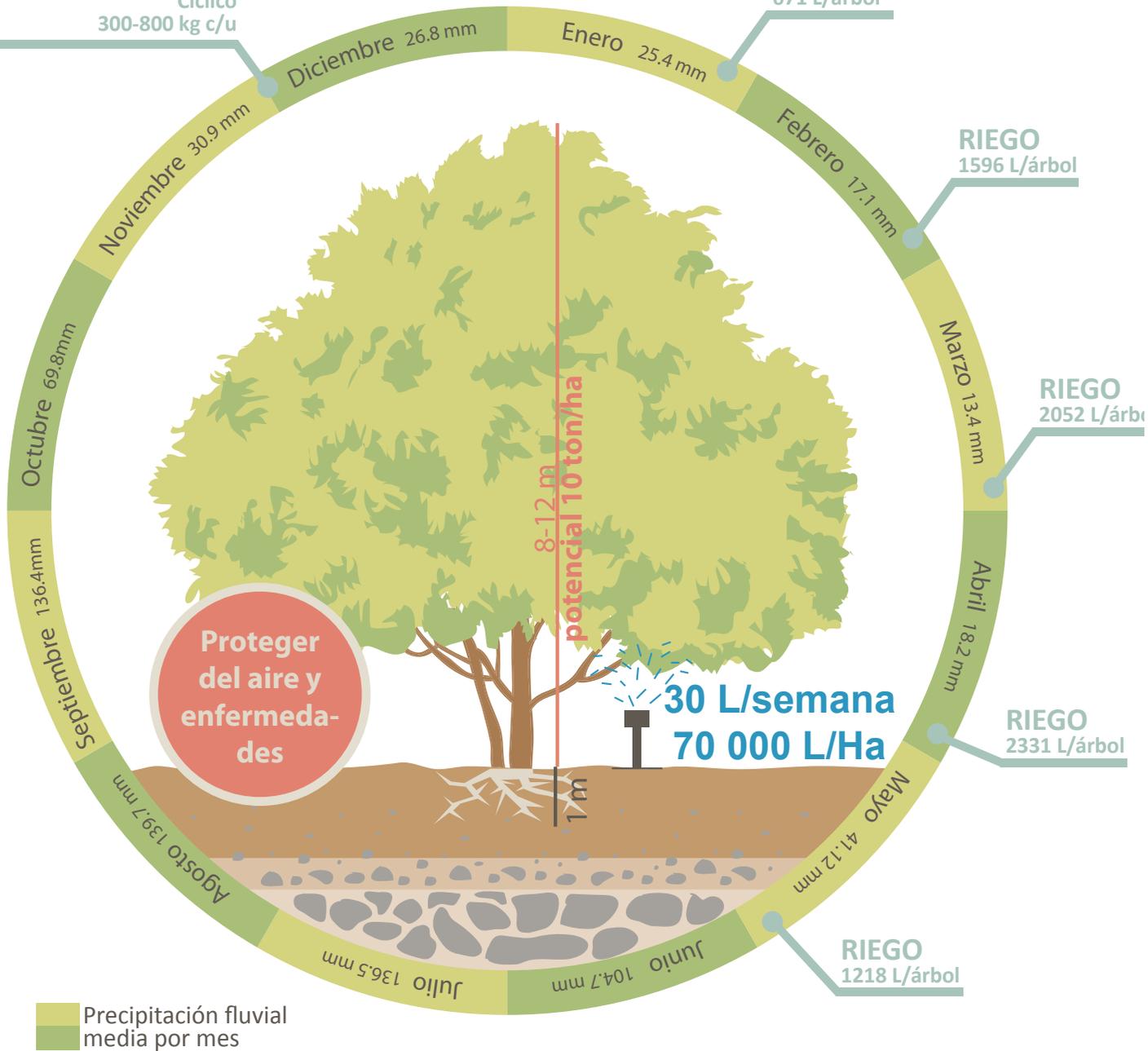
2052 L/árbol

## RIEGO

2331 L/árbol

## RIEGO

1218 L/árbol



# AGUACATE

5-6 a 9 meses. Se encuentra adaptada a zonas tropicales, tierras bajas, con clima cálido y seco, resiste suelos alcalinos, y es tolerante a la roya y antracnosis.

La **variedad Hass**, que es la principal para cultivo en el mundo, se originó en California. Fue una mezcla entre las razas Mexicana con un 10-15% y Guatemalteca con 85-90%. El árbol semejante al naranjo, pero de mayor tamaño, con una buena producción. Los frutos son de buena calidad y permiten ser almacenarlos, su peso es de 150-400 g y un largo de 8-10 cm, su forma es ovoide, con cáscara rugosa y negra al madurar. Se siembra en condiciones de frío moderado.

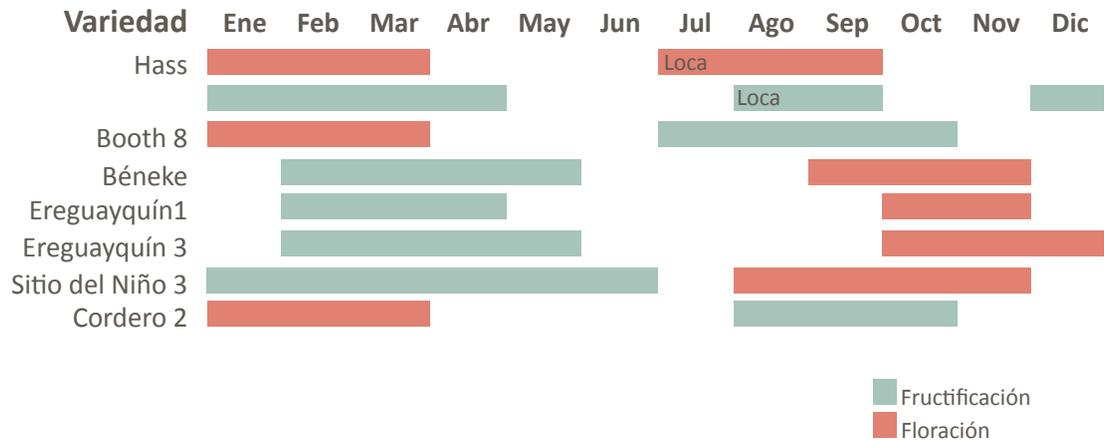
### CONSIDERACIONES PARA EL CULTIVO

Se debe tener una buena planeación de la forma en que se llevará a cabo el cultivo de la planta, desde su establecimiento hasta los cuidados durante la producción.

En principio es aconsejable que el árbol no sobrepase los 5 m de alto, de esta forma se facilita el control fitosanitario, la cosecha, poda y fertilización.

A continuación se presenta un cuadro con las épocas de floración y fructificación para diferentes variedades de aguacate (*Figura 13*):

Figura 13. Épocas de floración y fructificación.



## Condiciones climáticas

Se debe observar temperatura, humedad y viento del lugar dónde se establecerá.

La radiación solar es benéfica para el cultivo, con buena exposición a la luz se vuelve más productivo, pero se debe cuidar que el tallo y las ramas principales no queden expuestas a quemaduras.

**Temperatura:** La temperatura afecta el periodo de flor a fruto, mientras más alta menor es la duración. Para la raza Mexicana debe ir de los 5 a los 17°C, mientras que para la Guatemalteca es de 4-17°C, finalmente para la Antillana va de 18-26°C.

**Humedad relativa:** en general se adapta a climas húmedo y semi-húmedo, la raza Mexicana soporta mayor humedad relativa y la raza Antillana es la que menos la soporta. Mientras que la humedad relativa alta propicia la aparición de hongos, la baja promueve la ausencia de fotosíntesis.

**Precipitación:** Mexicana más de 1,500 mm anuales, Guatemalteca menos de 1,500 mm/año y Antillana 1,000 mm/año y para el aguacate Hass de 1,200 a 1,800 mm/año. Deben tener suficiente agua desde el cuajado hasta la recolección, evitando el encharcamiento porque produce asfixia radicular y aparición de hongos, durante la fase productiva del cultivo el riego localizado prolonga su tiempo, incrementando el rendimiento de un 30-50%.

**Viento:** Se deben establecer cortinas rompevientos para evitar vientos constantes a velocidades superiores a los 20 km/hr. Esto es debido a que las ramas son muy frágiles y se rompen, además tira flores y frutos, provoca quemazón de hojas y brotes, deshidrata impidiendo fecundación y formación de frutos.

**Altitud:** para la raza Mexicana es de más de 2,000 **m.s.n.m.** con piso térmico frío. Para la raza Guatemalteca debe ir de 800 a 2,400 **m.s.n.m.** con piso térmico frío moderado a medio. Y para la Antillana de 0 a 800 **m.s.n.m.** con piso térmico cálido. Los híbridos tienen un mayor rango de adaptación.

## Suelo

Debe encontrarse bien drenado ya que las raíces son susceptibles a problemas por exceso de agua, se deben evitar incluso las inundaciones eventuales. La profundidad efectiva al nivel freático de más de 1 metro, las texturas livianas favorecen el crecimiento de un sistema radicular denso y ramificado.

**m.s.n.m.-** Metros sobre el nivel del mar.

Su contenido de materia orgánica debe ser alto con una textura de suelo de franco, franco-arenoso, franco-arcilloso. Con un pH de 5.5 y 6.5. Es aconsejable que exista de 0.8 a 1 m de suelo sobre subsuelo poroso.

Dependiendo de la pendiente del terreno el suelo debe ser dispuesto a acomodo, si es de 5% se puede permitir un trazo regular, de 5-12% requiere surcos al contorno y de más de 12% el acomodo por terrazas; estas medidas se toman para cuidado del propio suelo.

### Preparación del suelo

Realizar un arado a 45 cm para romper las capas endurecidas del suelo, además de remover hierbas y arbustos.

### Trazo y estaquillado

A continuación se presentan 4 formas de acomodo/distanciamiento de los árboles para la siembra:

## TRAZO

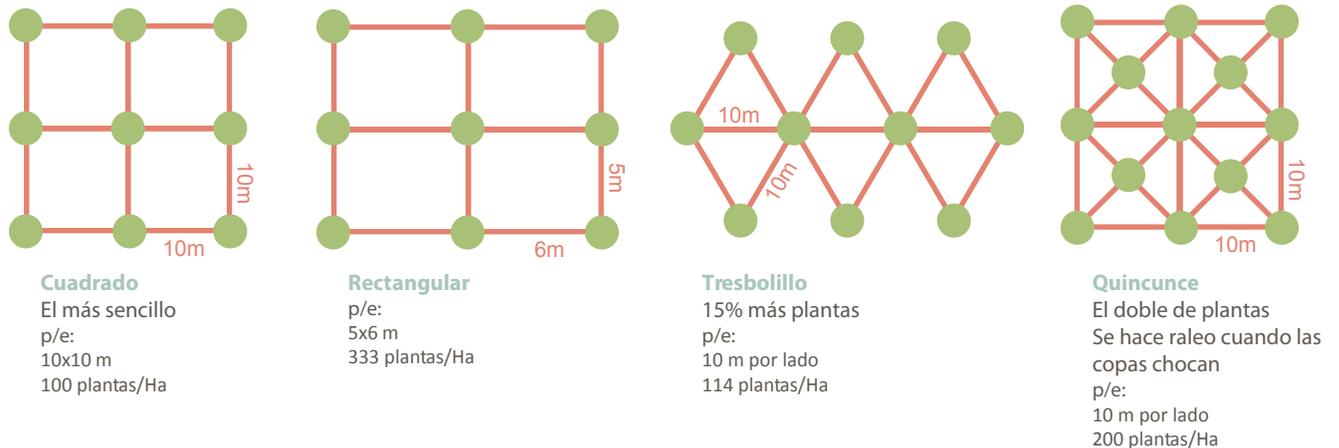


Figura 14. Trazado de los distanciamientos entre árboles.

### Sistema de producción

El sistema de producción se encuentra basado en si el cultivo se encontrará en asociación con otros cultivos o no.

-**Monocultivo.** Le facilita al productor el manejo agronómico, fitosanitario, de mercadeo y el cálculo de costos de producción.

**-Policultivo.** La asociación con otros cultivos se puede realizar de forma temporal mientras el árbol crece para aprovechar el terreno, o de forma permanente. El policultivo ofrece mayores beneficios totales para el agroecosistema y los productores, como ejemplo, en Cuba los árboles de aguacate sirven de soporte para las orquídeas *Cattleya* con un alto valor comercial.

La relación entre las plantas puede ser de complementariedad o competencia, dependiendo de los cultivos con los que forme parte de la huerta. Para que la relación sea favorable deben compartir condiciones agroecológicas adecuadas similares. Al aguacate se le puede asociar con piña, zapote, papaya, tamarindo, frijoles, cítricos, durazno, manzana, pino-roble, mango, coco, guayaba, achiote, tabaco, entre muchos otros.

### **Cortinas rompevientos**

Al disminuir la velocidad del viento se evita la caída del flor y fruto, daño del fruto, dispersión de enfermedades, evaporación del agua en el suelo y transpiración excesiva de los árboles. Se colocan en dirección contraria a los vientos dominantes durante la floración y fructificación del cultivo, que es cuando se pueden producir pérdidas de rendimiento.

Las cortinas reducen la velocidad del viento un 40-80% a una distancia igual a 8 y hasta 10 veces su altura. Se busca que la cortina cuente con una porosidad de 40-50%, se pueden usar la leucaena, mamey, zapote, bambú, tamarindo, manzana, rosa; pero se deben separar del primer surco del aguacate unos 4-5 m ya que se puede producir competencia y entrecruzamientos entre las plantas.

### **Propagación**

Existen dos formas de reproducción, la primera es la sexual, se realiza con la semilla y casi siempre se hace con fines de investigación. La asexual se realiza con estaca, injerto o in vitro; ésta es la adecuada para las plantaciones comerciales ya que garantiza la homogeneidad de características en el cultivo.

### **Selección del área de siembra**

Se debe considerar que su ubicación sea estratégica de acuerdo a los lugares de comercialización y obtención de recursos para el cultivo.

La factibilidad de riego es importante porque proporciona mayores producciones y de mejor calidad. Si será un cultivo de secano se debe buscar que por lo menos los 3 primeros años se pueda dar un riego suplementario.

### Siembra

Desde la clonación hasta la siembra en el campo el árbol debe tener una edad inferior a un año, pero contar con un tallo de 2.5-4 cm de diámetro y 50-70 cm de altura. Es importante realizar el tutorado por un año para evitar el desgarre de la pequeña planta. Éste puede ser de amarre simple, encajonado, tijera o colgado. 25, 26.

### RIEGO

El riego puede ser de gran ayuda dentro del cultivo incrementando el periodo productivo, volumen de la fruta, vigor y aspecto del árbol. Pero un mal manejo puede causar daño al cultivo, al suelo y a la economía. La cantidad de agua a aplicar depende de la evapotranspiración que está en función del clima, del tipo de suelo, de la cubierta vegetal, de la especie, la variedad y el tamaño del árbol. (Gutiérrez, 2014)

También se debe evaluar el nivel de salinidad del agua de los pozos, ríos, embalses y manantiales de donde se obtiene el agua. El **coeficiente de consumo de agua** ( $K_c$ ) depende del momento en que se encuentre el cultivo, así para el periodo de crecimiento vegetativo  $K_c=0.6$ , durante la floración  $K_c=0.85$  y en la fructificación el  $K_c=0.75$ .

El área de goteo es la zona donde las raíces absorben agua y nutrientes, se encuentra en la franja próxima al crecimiento del follaje, mientras más grande es el árbol más lejos se encuentra del tronco. El 90% de las raíces del árbol se encuentran a una profundidad de 1 m, es por eso que se debe cuidar que el agua aplicada no sobrepase esta capa y se desperdicie. (Tabla 1)

Tabla 1. Cobertura del suelo en acomodo de 10x10 m.

Edad(años)	Diámetro copa (m)	Cobertura suelo (m <sup>2</sup> )	Absorción radicular (m <sup>2</sup> )
1	1	0.8	0.8
2	1.5-2	1.8-3.2	1.8-3.2
4	2-3	3.2-7	3.2-3.8
6	3-4.5	7-16	4-15
8+	5-8	19.6-50.2	16-40

25. Bernal, Jorge. 2008

26. IICA

El volumen de agua requerido en litros por árbol por semana, en función de la edad, clima y área de absorción del árbol ( $K_c=0.6$ ), para plantaciones ubicadas en Michoacán. (Tabla 2)

Edad (años)	Clima	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Total
1-3	$A(C)w_2$	22.7	25.2	25.2	36.5	37.8	39.1	186.0
	$Cw^2$	16.4	18.9	22.7	30.2	32.8	37.3	158.3
	$(A)Cw_1$	25.2	26.5	30.2	40.3	44.1	49.1	215.5
3-6	$A(C)w_2$	189.0	210.0	210.0	304.5	315.0	325.5	1,554.0
	$Cw^2$	136.5	157.5	189.0	252.0	273.0	310.8	1,318.8
	$(A)Cw_1$	210.0	220.5	252.0	336.0	367.5	409.5	1,795.5
6+	$A(C)w_2$	504.0	560.0	560.0	812.0	840.0	868.0	4,144.0
	$Cw^2$	176.4	185.2	211.7	282.2	308.7	344.0	1,508.2
	$(A)Cw_1$	560.0	588.0	672.0	896.0	980.0	1,092.0	4,788.0

Tabla 2. Requerimientos de agua para los árboles de aguacate en Michoacán.

La cantidad de agua que se le aplica a una plantación depende en muchas ocasiones de la disponibilidad que se tenga del recurso. Es así como una aplicaciones de menos agua también resultan benéficas para el cultivo. Reducir el agua del riego no afecta significativamente el rendimiento (kg/árbol), sin embargo no aplicar riego puede significar una baja de un 50% en la producción. (Tabla 3) 27

Localidad	L/árbol/semana	2001 (kg/árbol)	2002 (kg/árbol)	2003 (kg/árbol)	Promedio
Tancítaro	1200	87	139	156	124
	900	128	117	134	126.3
	600	108	89	114	103.7
Ziracuaretiro	1400	54	95	169	106.3
	1100	51	115	159	108.3
	800	58	95	154	102.3
Cheranguerán (temporal)	0	55	67	60	60.7

Tabla 3. Rendimiento del árbol en base a la cantidad de agua aplicada.

$A(C)w_2$  - Semicálido, templado subhúmedo.  
 $Cw^2$  - Templado.

$(A)Cw_1$  - Semicálidos subhúmedos con lluvias en verano.

27. Juárez, Rodolfo. 2010.

## HISTORIA

### Precolombina

Las primeras evidencias de uso del aguacate para humanos se hallaron en Tehuacan, en la Cueva Coxcatlan datadas en el periodo de 8,000-7,000 a.C. (Smith, 1966). Se cree que las producciones de esa época provenían de la Sierra de Zongolica cerca del pico de Orizaba, debido a la forma en la que se desarrolló la raza.

La palabra aguacate o ahuate proviene del Nahuatl ahuate que significa testículo.

El aguacate debió ser una de las mayores fuentes de nutrición en los tiempos precolombinos (Anderson, 2003), debido a que contiene más aceite y dos o tres veces más proteínas que cualquier fruta de la región de la época. Se cree que el aguacate era usado como tributo, llevándolo a los aztecas desde otras tierras.

La selección hecha por los indígenas americanos logró una fruta más grande, aunque la división entre la fruta salvaje y la seleccionada es difusa. La forma actual del aguacate comercial se debe en gran medida a las selecciones hechas en el pasado.

### Colonia

Existen distintas referencias dentro de los escritos de los conquistadores intentando hacer una descripción de la fruta. Fernández de Oviedo (1526) en Sumario de la Historia Natural de las Indias, dio la primera descripción detallada donde hizo referencia a su sabor, color, consistencia a mantequilla y semejanza a las hojas del laurel y el fruto de la pera.

Francisco Cervantes Salazar en México en 1554, mencionó que el aguacate era un artículo de venta en los mercados de Tenochtitlan. Mientras que Sahagún y Benavente documentaron la existencia de cuando menos tres tipos de aguacate en México, comprobando que su desarrollo comenzó antes del contacto Europeo. Después de la colonia el aguacate se dispersó por el mundo, viajando desde España hasta las Filipinas.

### Actualidad

El aguacate es hoy en día el cultivo económicamente más importante en el mundo para frutas subtropicales/tropicales. Hace 150 años se cultivaba por granjeros en baja escala principalmente para

su consumo local. Pero su producción y consumo se ha venido incrementando, conforme las personas que ya lo usaban aumentan su consumo, aunado a la expansión de nuevos mercados y gusto de la gente.

En el 2008 se reportó que 64 países producen aguacate haciendo uso de 437,470 Ha, sin tomar en cuenta el que se usa para la subsistencia, de producción casual y curiosidad botánica. En general se ha ido distribuyendo de forma desordenada y haciendo uso de especies inapropiadas para el clima donde se introducen. Fue en California y Florida en Estados Unidos que se realizó un esfuerzo por generar cultivos superiores de forma industrial. Se especula que fue en Florida donde se comenzó el cultivo por propagación vegetativa en vez de hacer uso de las semillas, además de la mezcla entre razas para obtener mejores resultados en la producción.

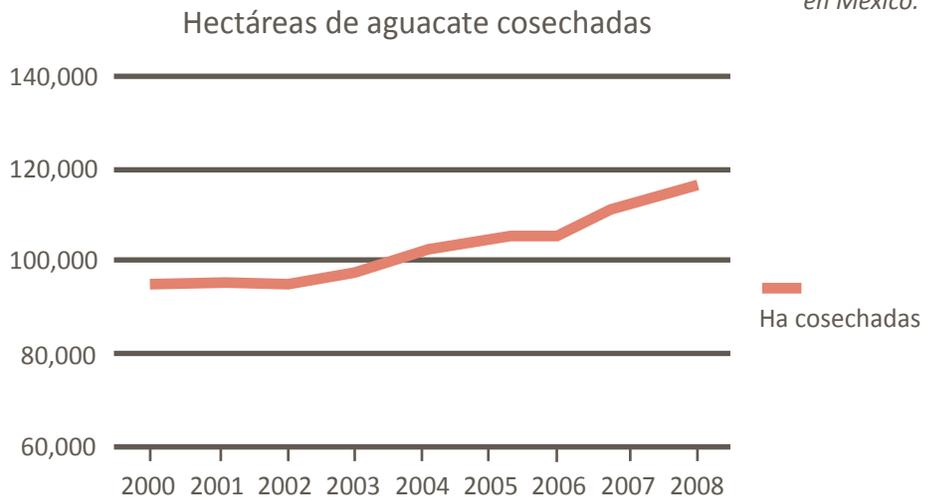
Hoy en día se encuentra disperso en todos los continentes, llegando a países como Israel o Tailandia. Los más grandes importadores de aguacate son Estados Unidos, seguido por Europa, Japón y Canadá; aunque Asia y Australia han incrementado su área de mercado y producción.

Se ve una tendencia al incremento en la producción y consumo de la fruta, además del mercado creciente para su uso en aceites, cosméticos y alimentos.

El aguacate se encuentra en el número 17 del ranking de las 20 frutas más producidas en el mundo, en el 2009 su producción llegó a las 3.59 millones de toneladas con 438,325 Ha. En la producción en México ha aumentado de 94,104 Ha en el año 2000 a 114,471 Ha en el año 2008. (Figura 15) 27

Figura 15. Tendencia en la superficie sembrada de aguacate en México.

En cuanto a América Latina el consumo per cápita es el más grande. En México es consumido en gran parte de sus platillos no solo dentro de la salsa, sino como elemento de contraste con la picante comida y su suave sabor. En América del Sur también se incluye en su tradición culinaria acompañando carnes y ensaladas. En Brasil, Asia e Indonesia se consume mezclado con azúcar en malteadas, helados, con café, chocolate, entre otros.



27. Juárez, Rodolfo. 2010.

Las aplicaciones industriales para la comida así como su mercado, se han ido incrementando. Ahora se puede aprovechar la fruta dañada y se puede hacer durar más haciendo productos procesados de aguacate, como la pulpa deshidratada, congelada, al vacío y el guacamole listo para comer.

### **Futuro del aguacate**

El aceite es una de las más importantes aplicaciones para su futuro. Aunque éste ya se encuentra en uso para cosméticos gracias a sus aportes en vitamina E y propiedades emolientes, este tipo de aceite no es apto para consumo humano debido a su proceso de obtención. En Nueva Zelanda se han desarrollado métodos para su obtención para consumo humano. El resultado es un aceite bien pigmentado, de fuerte sabor y con beneficios para la salud; pudiendo ser usado como el aceite de oliva como aderezo o para cocinar.

Los beneficios de consumir el aceite de aguacate se verían tanto en la salud como en el ambiente. Para la salud ayuda a la disminución de riesgo de enfermedades del corazón, diabetes, cataratas, hipertrofia benigna de próstata, además de otros cánceres (J. B. Bost et al.), baja el mal colesterol e incrementa el bueno; además contiene antioxidantes, potasio y vitamina A, E y B. En sus lugares de origen se ha usado dentro de la medicina tradicional. Los beneficios agroecológicos, si se cambiara a consumo de aceite de aguacate, serían la sustitución de obtener el aceite de plantas anuales a perennes. Lo anterior implica reducción de la erosión en el suelo, disminución en el abuso de fertilizante y pesticidas, conservación de la biodiversidad, conjuntamente podría ser una forma de brindarles seguridad a los productores de cacao y café que se encuentran sujetos a la volatilidad del mercado global. 28

Finalmente para el desarrollo del proyecto es importante recordar que el árbol de aguacate puede llegar a medir más de 10 metros de alto, pero se recomienda mantenerlo a una altura de 5 metros para facilitar los labores y cosecha. Que sus raíces de absorción se encuentran cercanas a la periferia de la copa del árbol y éstas pueden llegar a una profundidad de 60 cm. Además existen diferentes razas con diferentes necesidades de agua, suelo, temperatura, altitud y viento. En este caso es importante destacar que la protección contra el viento es muy importante para evitar la pérdida de frutos y ramas, ésta se puede lograr con las cortinas rompevientos que cuenten con una porosidad de 40-50%. Para su cultivo se debe tomar en cuenta que durante los 3 primeros años se le pueda dar riego suplementario. Las necesidades de agua del árbol dependerán del clima, suelo, especie, variedad, tamaño y edad. Aunado a esto se debe considerar que la cantidad de agua del riego no afecta significativamente el rendimiento, pero no aplicar riego sí lo hace.

28. Schaffer, Bruce. 2013

# USOS DEL AGUACATE

## MEDICINA

Hipertensión crónica (en polvo)  
Medicina abortiva

SEMILLA

Nematicidas  
Fitoquímicos

Inhibe absorción del colesterol

Beta-sisterol

Antinflamatorio  
Desinfectante  
Regula presión sanguínea  
Diarrea  
Dolores de estómago  
Reumatismo  
Parásitos intestinales  
Dolor de muelas  
Erupciones  
TOS  
Resfríos  
Dolores menstruales

PULPA

Shampoo  
Cosméticos  
Aceites  
Lociones  
Cremas  
Jabones

Industrial

Pulpa deshidratada  
Congelada al vacío  
Guacamole listo para comer  
Aceite\*

Glutión

Antioxidante  
Previene cancer y enfermedades del corazón.

Tradicional

Guacamole  
Salsa  
Condimento

Envolver  
Condimentar

Antibacteriano  
Bacteriostatica  
Aleopático  
Insecticida  
Fungicida  
Plaguidida  
Herbicida

Sistemas Agroforestales

Cacao  
Café

Bioactivo

usado en

Microbiología  
Farmacología  
Agricultura  
Industria

Productos Químicos

HOJA

Leña y madera

TRONCO

## INDUSTRIA

## ALIMENTACION

Árbol de jardín

## HOGAR

\*Importante aplicación para su futuro

# AGUA Y SUELO

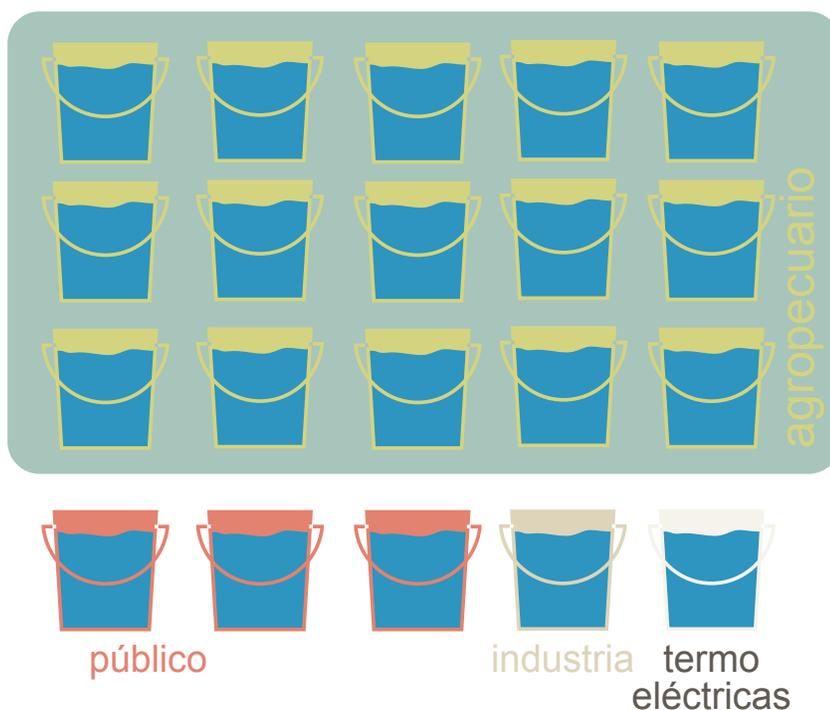


Figura 16. Usos de agua en México

## AGUA

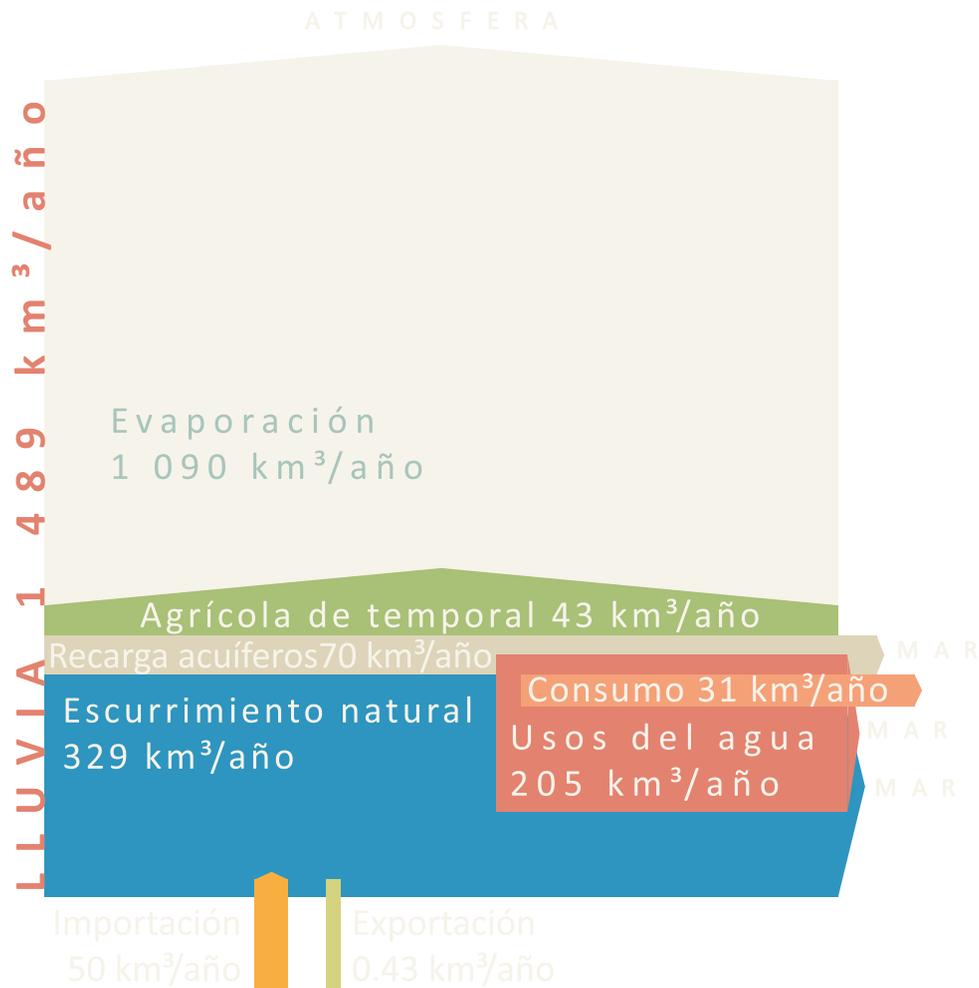
El agua es un recurso primordial y que cada vez aumenta su escasez. En México el 77% es para uso agropecuario, el 14% para abastecimiento público, 5% para termoeléctricas, 4% para la industria abastecida. (Figura 16) 29

El agua tiene dos formas de manifestarse negativamente, que son la sequía y la inundación. Ambas son fenómenos naturales, y por tanto son imprevisibles, como erupciones volcánicas o huracanes; sin embargo existen factores humanos que han aumentado su fuerza, la quema de combustibles fósiles, deforestación, y principalmente el crecimiento demográfico que genera cada vez mas demanda de alimentos y requerimientos de energía, han generado un cambio climático global.

29. CNA. 2011

La sequía causa degradación en el suelo, pudiendo llegar a la desertificación debido a la escasez o ausencia de agua, teniendo como consecuencia la vulnerabilidad tanto para los ecosistemas como para las comunidades humanas. Debido a que el norte del país es árido/semiárido, éste tipo de fenómeno se hará más presente ahí; aunque se estima que para el 2025 solo Chiapas y Tabasco no sufrirán de stress hídrico. 30

Algunos de los efectos en la agricultura de la escasez de agua son la pérdida de suelos agrícolas y el rendimiento en los cultivos. Las zonas más vulnerables son los pastizales, matorrales, xerófilos y bosques de encino. 31



Ciclo del agua en México

30. IMTA. 2013

31. Velasco, Israel. 2013

## CULTURA HIDRÁULICA EN MESOAMÉRICA

En Mesoamérica, el riego fue una característica fundamental dentro de sus culturas. Existe toda una cultura alrededor de los sistemas de riego para el campo, así como para almacenar para uso doméstico o drenajes.

Las tierras de cultivos se dividieron en tres: atlalli o de riego, chiyautla o de humedad, y xinmilli o de temporal, en base a la forma en que el agua se encontraba disponible para el terreno. Las fuentes de agua, por su parte, se dividieron en cuatro dependiendo de su origen y no están forzosamente ligadas al cultivo.

El agua meteórica/atmosférica se refiere al agua obtenida de la lluvia, la cual lograron captar por medio de canales o zanjas en los patios y casas, así como en los jagüeyes, bordos, entre otros. Además captaron agua conduciéndola desde sus techos por medio de canoas o canjilones y canalitos, que podían estar hechos de madera o pencas.

El agua de lluvia se almacenó de forma subterránea en cisternas para los sitios con escasa precipitación o lejanos a ríos y agua subterráneas, como es el caso de los chutunes en la zona maya. Éstos eran depósitos con unos 5 m de diámetro de caída en la superficie, que comunicaban por un cuello hacia la cámara en forma de campana, botellón o amorfa. Se encontraban hecho en la roca madre y recubiertos de estuco, podían aprovechar formaciones naturales y además acepta filtraciones.

A cielo abierto se almacenó en jagüeyes (atatactli) de entre 7-46 m de diámetro y de 5-10 m de profundidad, aprovechan las depresiones naturales y en ocasiones la existencia de manantiales, en ocasiones poseen bordos de tierra y apoyos por canales; se tenían para usos específicos como consumo humano, lavar o para los animales, lamentablemente la mayoría se encuentran actualmente en abandono. Además existen otros depósitos pluviales en la huasteca de Veracruz para uso doméstico, éstos podían ser cuadrados con dimensiones de 15x37 m o circulares con 11.5-15.5 m de diámetro, contaban con recubrimiento de basalto columnar.

También se almacenó en recipientes, su uso era doméstico, ocupaban de barro, cal y canto, piedra, y excavados en piedra, argamasa y estuco. Los recipientes de barro podían ser enterrados o no, con diversas capacidades y podían ser cántaros, tinajas, ollas, etc.

Las fuentes de agua superficiales en movimiento son los manantiales, ríos y arroyos (temporales). A este tipo de fuentes se le condujeron con acueductos, hechos de taludes de cal y canto, y estucados. La mayoría de esta agua se uso para fines domésticos.

El agua superficial en calma proviene de humedales, lagunas, pantanos y lechos lacustres. Se encuentran en tierras húmedas naturalmente y por lo tanto no requieren de lluvia o riego. En caso de sequía se recurría a los riegos de auxilio encauzando ríos y lagunas; o de forma manual con recipientes como cántaros, jarros, bateas (tepacuaras o cucharón), jícaras, tecomates, remos, entre otros, desde los pozos. Las formas manuales se han venido sustituyendo por regaderas, mangueras y bombas.

Las fuentes de agua subterránea y freática son los ríos y depósitos subterráneos. Se aprovecharon por medio de pozos verticales forrados de laja con hasta 20 m de profundidad; galerías filtrantes de tierra caliza y travertino, eran horizontales y se llenaban por infiltración; y los pozos mayas que eran perforaciones en roca calcárea o por derrumbes naturales, la extracción se hacía con cántaros de barro o de tejidos con fibras duras.

## IRRIGACIÓN AGRÍCOLA

Además de la lluvia, se aprovecharon fuentes de agua perennes y estacionales. Las primeras podían ser manantiales, ríos, lagunas y pozos, mientras que las segundas podían ser arroyos, barrancas, escurrimientos, y crecientes de ríos y lagunas. La distribución del agua en los sistemas de riego podían ser por canales, inundación o infiltración manual.

Los fines del riego eran aumentar la productividad agrícola en sus rendimientos y disminuir el trabajo humano en las horas invertidas; además de ampliar la frontera agrícola, llegando a tierras más altas o bajas, áridas, con lluvia errática, heladas o granizo, logrando cultivos continuos y en policultivo. De ésta forma se obtenía más cosecha, se podían cultivar plantas con requerimientos de humedad continua, cosechar en temporada de secas, y se aseguraba la cosecha madurándola antes de la llegada de las heladas o por falta de lluvia.

En la actualidad los fines que se persiguen son muy semejantes, pero además se debe tomar en consideración el impacto ambiental y uso de recursos cada vez más limitados.

La tecnología para el riego en la época prehispánica fue amplia y se encontraba en función de las limitantes ambientales y materiales de la zona. Los sistemas de irrigación agrícola en Mesoamérica se clasificaron de acuerdo a las instalaciones que poseían, es así como se desarrollaron presas permanentes desviando ríos inundados o efímeras aprovechando los desniveles en la tierra y la gravedad; cabe mencionar que en el caso de las presas efímeras cada vez se rehacían los sistemas, es decir que no estaban pensados para durar para siempre, éstos estaban hechos de troncos, estacas, varas, cañuela entretejida, piedras, tierra y hasta céspedes. Los sistemas de represas se podían combinar con terrazas y bordos para conservar la humedad de la lluvia.

Además de las presas se desarrollaron canales de tierra, piedra, piedra con estuco y argamasa, calicanto, barro y madera. Los acueductos se hicieron sobre taludes de tierra para comunicar en diferentes topologías, logrando llevar el agua a lugares lejanos de la fuente. Finalmente los depósitos secundarios eran almacenes de menor capacidad que las presas y que ayudan a regular el flujo y elevar el nivel del agua.

En Mesoamérica existió una extensa tradición y simbolismo en cuanto a la cultura y tecnologías hidráulicas. Se hicieron asociaciones entre la lluvia, el maíz y la tierra; asimismo la tecnología desarrollada tenía fuertes cargas simbólicas, haciendo referencias figurativas, como en las tuberías de barro encontradas en Comalcalco, Tabasco que emulaban un cocodrilo. Además, de acuerdo a Palerm y Wolf (1972) la agricultura de riego hizo posible la cultura urbana y aumentó la cohesión social debido a el trabajo colectivo que ésta requería.

Cada civilización encontró la forma de sacar el mejor provecho de su entorno y debido a la gran diversidad que se encuentra en el territorio mexicano, se pueden hallar tecnologías de conducción, almacenaje o desalojo muy específicas. En general se ha perdido gran parte del desarrollo alcanzado durante ésta época, pero aún quedan prácticas y costumbres, mezcladas, que pueden ejercer como base para el desarrollo de nuevas tecnologías y cultura hidráulica del país. <sup>32</sup>

32. Rojas, Teresa. 2009

## CULTURA DEL AGUA

En la actualidad en nuestro país se encuentran fuertes influencias de la agricultura ancestral de hace más de 400 años en cuanto al manejo del agua, como es el caso de la cuenca del río bravo; sin embargo, también se cuenta con distritos y módulos de riego que hacen uso de infraestructura contemporánea.

En los distritos de riego se tienen redes de distribución complejas compuestas por canales (conducen el agua para riego), drenes (conducen agua para desagüe) y caminos (acceso a las obras). Muchos son tan extensos que para su construcción y conservación no es suficiente la mano de obra y se tiene que recurrir al uso de maquinaria especializada.

La agricultura con riego, en su mayoría de distritos de riego, ofrece más del 50% de la producción del país, usando una tercera parte del terreno de temporal (Figura 17). Pero éstos distritos requieren de un uso intensivo de la infraestructura con deterioro constante, haciendo el crecimiento de éstos sitios cada día más difícil y costoso, lastimando los recursos naturales de agua y suelo. La importancia de buscar alternativas, que aprovechen los factores de producción y los recursos naturales, se acrecienta con la disminución de la disponibilidad del agua. 33

Por otro lado contamos con la cultura de la acequia en la cuenca del Río Bravo, con fuerte herencia mesoamericana, llevada al norte por los tlaxcaltecas en el siglo XVI. En ésta zona se logró que el desierto produjera, conociendo su entorno lograron manejar la sequía, lo que puede brindar soluciones para los problemas actuales de escasez del agua en todo el país.

Las características geográficas de esa zona son particulares, se encuentran desierto y montañas, además de agua del río y bajos regímenes pluviales. El agua del río se aprovecho con presas derivadoras, que conducían el agua a acequias madres, hasta llegar al terreno de cultivo con canales. Además se tiene claro que la sequía no es el problema, sino almacenar y usar el agua cuando llueve. 34



Figura 17. Rendimientos por tipo de riego

33. Lomelí, José. 2000

34. Vázquez, Verónica. 2006

## SUELO

El contexto geográfico de México nos dice que el país cuenta con 196.4 millones de hectáreas, de las cuales 2/3 es suelo árido/semiárido con menos de 500 mm de precipitación, y 1/3 es húmedo con 2 000 mm de precipitación. Del terreno total 19.5 millones de hectáreas (10.69%) es usado para cultivos, de los cuales el riego ocupa 6.5 millones de hectáreas con más de la mitad de la producción, mientras que los terrenos de temporal ocupa 14.5 millones de hectáreas produciendo menos de la mitad del total. 35

## DESERTIFICACIÓN

Debido a la gran extensión de territorio árido/semiárido en México, y a las constantes y más frecuentes sequías, se vuelve un país vulnerable a la desertificación (Figura 18). El 36% del territorio ya se ve afectado por la degradación. 36

La desertificación implica una pérdida o disminución del potencial biológico y productivo de la tierra. Midiendo su gravedad a partir del porcentaje de capacidad productiva perdido, dónde existen puntos de reversibilidad y de imposibilidad de recuperar el suelo porque resulta económicamente no rentable. 37

Figura 18. Suelo en México.



35. SINA

36. INE. 2007

37. Dregne, H.E. 1998

Existen factores naturales o características biofísicas que llevan a la desertificación como la erosión, salinización, uso de la tierra, incendios, inundaciones, sedimentación y pérdida de biodiversidad; de los cuales la mayoría pueden ser controlados y son causados por malas prácticas. Algunos factores socio-económicos-políticos que llevan a este estado son la urbanización, demanda de agua, abandono y las políticas que emplean; en cuyo caso queda más en manos de la legislación que de la técnica.

Los principales procesos que llevan a la desertificación son los de degradación de la cubierta vegetal, generalmente por sobrepastoreo en pastizales, siendo ésta la forma más extensa de degradación, alcanzando el 88% de degradación en los suelos que afecta; también se genera por cortar especies leñosas, permitiendo el incremento de especies indeseables que aumentan la biomasa. La erosión por agua es muy perjudicial a largo plazo, se puede presentar en terrenos de secano por la presencia de la lluvia, pero sólo llega a degradar un 9%. Mientras que la agricultura de regadío degrada un cuarto de las tierras donde se aplica, en su mayoría tierras secas, puede generar salinización y anegamiento o exceso de agua, haciendo de México uno de los países más afectados por ésta causa. La erosión eólica resulta menos perjudicial a largo plazo, en comparación con la hídrica. Otros procesos de degradación son la compactación del suelo y la acumulación de sustancias tóxicas (metales pesados, pesticidas persistentes), ambas asociadas a las técnicas agrícolas comunes. 37

La mejor relación costo-beneficio se logra a través de la prevención, tomando medidas de conservación de la tierra y el agua.

Algunas medidas para la conservación del agua son: reducir su uso, ya sea de agua superficial, subterránea o la humedad del suelo; hacer uso de técnicas de riego más eficientes como el riego por goteo; reducir la evaporación del suelo con prácticas de labranza mínima y manteniendo la cubierta vegetal; construir barreras para el flujo del agua y permitir la filtración por medio de terrazas o el uso de piedras; realizar cosechas de temporal o desviación de ríos; así como evitar las fugas y aumentar la conciencia en torno al tema.

Para reducir la erosión se debe: cuidar la sensibilidad del suelo, aumentando la materia orgánica y disminuyendo la pendiente en el terreno; para disminuir el impacto por lluvia, la cubierta vegetativa de pastos o mantillo, es más eficaz que las terrazas; en cuanto a la reforestación, existen algunos problemas como el resurgimiento de la erosión y el desarrollo de caminos o tuberías a través de los árboles por el agua; hacer uso de montículos de piedra, que evitan el paso del ganado, son terrazas

naturales y disminuye la velocidad del agua; finalmente, promover la agricultura de conservación, realizando labranza mínima, rotación de cultivos, cobertura del suelo, siembra directa, uso correcto de herbicidas.

Lo enumerado anteriormente son posibles acciones para reducir el efecto de la desertificación. Pero para generar realmente sustentación se debe recurrir a soluciones complejas con aproximaciones integrales al problema, pensadas a largo plazo, con sistemas de procesos no lineales, y lo más importante con conocimiento del ambiente local, tanto físico como cultural.

De continuar explotando los recursos de suelo y agua de la forma que se ha venido haciendo, la sequía terminará dañando no sólo el equilibrio natural con eventos climáticos más extremos; sino que también afectará al rubro social y económico, principalmente afectando la actividad agrícola y por ende la seguridad alimentaria del país. <sup>38</sup>

Tanto para el cuidado del agua, como del suelo, se ha venido retomando las tecnologías antiguas por su menor impacto ambiental. Se requiere de un cambio en la forma en que se han venido haciendo las cosas, pero se tiene precedentes para el máximo aprovechamiento del agua y la menor modificación posible al suelo. El buen manejo de ambos recursos hará posible asegurar la alimentación de la población del país en el futuro.

Al terminar este tema destaca que la mayor parte del país es terreno árido semiárido, que la mayor parte del agua se usa en la agricultura y que los cultivos con sistemas de riego, a pesar de contar con un tercio del territorio, generan más de la mitad de la producción. También destaca el hecho de que cuidar el agua significa también cuidar el suelo y evitar la desertificación.

38. Velasco, Israel. 2012

# AGRICULTURA DE CONSERVACIÓN



Figura 19. Agricultura de conservación.

De acuerdo con la FAO, “el objetivo de la Agricultura de Conservación es lograr una agricultura sostenible y rentable y en consecuencia dirigida al mejoramiento del sustento de los agricultores mediante la aplicación de sus tres principios: una perturbación mínima del suelo; cobertura permanente del suelo; y la rotación de cultivos”. (Figura 19) 39

## AGROECOSISTEMA



Figura 20. Policultivo-milpa.

La milpa es un ejemplo claro de un agroecosistema, dónde en una misma parcela se realizan cultivos asociados al maíz como el frijol (fijador de nitrógeno), la calabaza (brinda sombra y evita crecimiento de malas hierbas), chile (aprovechar el espacio y repeler insectos), árboles frutales, entre muchos otros.

(Figura 20)

Como se dice “mejor que se den éstos a plaga”, entonces la siembra de distintos cultivos en la misma parcela ofrece muchas ventajas.

De esta forma se brinda diversidad de especies y variedades, interacciones simbióticas, aprovechamiento del espacio, tener un seguro contra los malos tiempos y cosechar más veces al año al tener diferentes plantas con diferentes características, regulación y control de enfermedades y plagas hasta el caso de sembrar a propósito especies más apetitosas para cada caso.

## TÉCNICAS AGROECOLÓGICAS

El deterioro ambiental resultado de las técnicas actuales de cultivo ha venido en aumento, trayendo consigo problemas de erosión del suelo, desertificación, contaminación de agua y tierra, y hasta la aparición de patógenos. Todos estos problemas ambientales afectan directamente los rendimientos agrícolas, en México se tienen 9 millones de Ha con erosión muy severa, salvar estas tierras significaría una inversión de 25 mil millones de pesos, pero no salvarlas significaría una pérdida del doble de dinero por falta de producción.

Cambiar la forma en que se hacen las cosas resulta imperativo y muchas de las innovaciones que preceden este cambio encuentran sus bases en la agricultura de las culturas indígenas. Éstas brindan una visión integral de los fenómenos naturales y saben que existen variables ambientales de acuerdo a las diferentes latitudes, brindando a las diferentes técnicas identidad tanto geográfica, como cultural.

Para llegar a la agricultura orgánica se han retomado muchas prácticas ancestrales. El uso de materiales orgánicos para abonos, fertilizando de forma natural; además del control de plagas y enfermedades por medio de plantas hospederas, plantas repelentes y la diversidad de cultivo o policultivo (los monocultivos son más susceptibles a atraer plagas).

Este tipo de agricultura además toma en cuenta la conservación de los suelos, retomando las prácticas de realizar curvas a nivel, terrazas, hileras, cercas vivas y la práctica de labranza mínima, evitando la pérdida de suelo por erosión hídrica o eólica.

Las buenas prácticas agrícolas mencionadas anteriormente buscan reducir los costos económicos y ecológicos, y se han formado como la principal tendencia dentro de la agricultura moderna mundial.

Esta nueva forma del manejo de la agricultura debe tomar en cuenta ciertos factores para lograr la conservación del suelo, llegando incluso a aumentar su fertilidad. En principio cada lugar es diferente, entonces se deben observar las características del suelo, tener cuidado en el manejo de pendientes y el relieve, escoger métodos de riego adecuados y eficientes, aprovechar el agua bajo régimen de temporal, aprovechar el espacio dentro de las parcelas (policultivo), y el manejo de las variables climáticas como la temperatura, viento, helada, humedad del aire y radiación solar (sembrando a

tiempo y las variedades adaptadas). Todo esto se debe lograr haciendo uso de los recursos y materiales locales, disminuyendo costos, y conociendo la parcela (qué, cómo y cuándo). 40

### Prácticas de conservación para agua y suelo

#### Terrazas individuales

Para los terrenos con pendientes mayores a 10%, se realizan alrededor de la plántula con un diámetro de 3-5 m, en los bordes se puede usar piedra y tierra compactada. Éste tipo de tratamiento del suelo evita su erosión por corrientes de agua, se debe evitar que se generen encharcamientos.

#### Cultivo de cobertura

Mejoran la fertilidad del suelo, controla malezas y plagas, protege y abriga el suelo, y funciona como abono verde. Se deben realizar podas de forma periódica.

Se pueden usar especies como el frijol de abono y el maní forrajero, ayudan a fijar el nitrógeno, proporcionan fósforo y microelementos, e incorporan de 1 a 4.5 kg de materia orgánica por metro cuadrado. (Figura 21)

#### Manejo de maleza

Se debe realizar con regularidad, pero con prudencia ya que éstas le proporcionan protección al suelo.

El control mecánico y manual se realiza en el área de goteo del árbol. El químico no se debe realizar en los primeros años. Y el Cultural se realiza con cobertura del suelo por medio de acolchado, se pueden usar leguminosas que ahoguen la maleza; aunque no es recomendable durante las lluvias ya que propicia la aparición de hongos. 26

Finalmente la agricultura de conservación busca parar una inercia autodestructiva, retomando antiguas prácticas de cultivo. La producción agrícola no se encuentra aislada y en ella interactúan ecología, tecnología, economía, lo social, la cultura, política, ética y hasta lo espiritual.

Nuevas circunstancias requieren un cambio de paradigma.

40. Esteva, Gustavo. 2003

26. IICA



*Figura 21. Árbol joven de aguacate con tomate.*

# CULTURA CAMPESINA MEXICANA



Figura 22. Artesanía.

*“Nadie puede abstraerse a su tradición ni a su cultura, es el alma de la gente”* (Herder Danzinger, 1983)

La cultura esta construida por una mentalidad colectiva que crea el lenguaje, los mitos, costumbres, moral, arte, religión y los fenómenos de la cognición, propios de una sociedad. <sup>40</sup>

La cultura es la manera de ser, pensar y comportarse, que distingue a un pueblo. Sus ideas y bienes son culturales cuando se comparten.

40. Fernández, Pablo. 2006

El maíz es parte fundamental de la cultura mexicana, ha formado parte de los proyectos de nación de nuestro país y fue considerada una planta sagrada, volviéndose fundamento de la cultura popular mexicana. Es así como el maíz se encuentra presente en el lenguaje y las formas de pensar/comportarse; además de las artesanías, arte, vestido y herramientas. (Figura 22)

Dentro de los objetos desarrollados para su cultivo se encuentran ollas para nixtamal, metates, comales, tenates (cestos), trojes, cuescomates, entre muchas otras cosas. Conjuntamente se desarrollaron sistemas de riego de agricultura avanzada con altos rendimientos, como las terrazas y chinampas. Sin embargo, las tradiciones se están perdiendo. La escuela descalifica el trabajo en el campo, la realidad social obliga a buscar otras fuentes de empleo, y la constante presión del gobierno que obliga a mantener precios bajos.

Además en muchos sitios la intervención externa a campesinos no es tomada de una forma grata. Los agricultores se sienten invadidos por personajes que no toman en cuenta que ellos poseen su propio conocimiento. En muchos casos los campesinos no quieren las cosas traídas por los agrónomos; además de que éstos les dicen que sus formas de cultivo no son las correctas, que otros países pueden producir mejor.

En los casos en los que se adoptan esos sistemas traídos de fuera, como en el caso de la Revolución Verde, se entra en un camino hacia la decadencia. Dónde el gobierno da apoyos para comprar fertilizantes, que después dañan la tierra, el gobierno deja de apoyar, y resulta en el abandono del campo. Haciendo que se cambie de actividad económica y con esto, la forma en la que se relacionan con el mundo.

Es sorprendente la tenacidad con que la gente lucha por mantener su cultura y no se deben dejar pasar por alto los beneficios de arraigarla. Socialmente se lograría reducir la presión existente de una vida urbana, al paso que llevan las ciudades perderán toda base de sustentación, disminuyendo su crecimiento.

Para lograr esto se requiere de arraigar a las personas a su lugar de origen por medio de infraestructura menos costosa, alternativas tecnológicas apropiadas y apoyo a las obras comunales tradicionales. Así se obtendrá una vida campesina digna y sustentable; además de comida sana para todos y la plataforma para lograr la soberanía alimentaria. 41

41. Esteva, Gustavo. 2003

## ARTE POPULAR MEXICANO

Una parte importante de la cultura es la estética, “la vida es forma” (Focillon, 1943), “la sociedad tiende a constituirse en formas, como una voluntad estética, que es lo que se le ha llamado cultura” (Pablo Fernández, 2006).

El arte popular mexicano se encuentra compuesto por las artesanías de todas las regiones del país, generalmente son objetos de uso cotidiano que han sido exaltados a través de la maestría en sus técnicas de manufactura y ornato. Las formas casi siempre son reminiscencias a animales, personas, actividades y objetos afines a la comunidad; son representaciones de la vida cotidiana.

Este tipo de arte generalmente se encuentra dividido por el tipo de materiales que emplean, como son: cerámica, textiles, metales, madera, fibras, piel, entre otros.

*“El alfarero no puede proceder aislando su tradición de la que toma la base formal”*

(Carlos Martínez, 1975).

En el caso de la cerámica (*Figura 23*), se ha encontrado en México desde el año 2300 a.C., siendo la rama del arte popular con más volumen de producción. Se encuentra distribuido en todo el país, es “el arte de todos los pueblos” (Carlos Martínez, 1975). Algunos centros importantes de producción son el Estado de México, Puebla, Jalisco, Michoacán, Oaxaca con su tradición prehispánica y piezas utilitarias de valor plástico, Guerrero con piezas de una sola cochura zoomórficas y antropomórficas, y Chiapas con formas zoomórficas y quemadas al exterior.

Cumple con funciones ceremoniales que resultan de la tradición prehispánica mas la occidental, utilizándose en objetos suntuarios, sahumeros, candelabros y otras aplicaciones simbólicas. La cerámica para el arte son supuestos del artista y una respuesta a la emoción estética de quien usa contempla o gusta del objeto. Finalmente la cerámica utilitaria encuentra sus usos arquitectónicos con lavaderos, tinas, tubos, canales, etc.; en los alimentos con utensilios como los comales, ollas y vajillas; y en el agua para almacenar y transportar como las tinajas, cántaros y apaxtles.



Las principales formas de producción son el torno, los moldes de yeso o barro y a mano. La mayoría de las cerámicas pasan por un solo cocimiento; los hornos casi siempre son primitivos, pueden ser al aire libre sobre el suelo, generalmente son primitivos para bajas temperaturas (900°C), con combustibles vegetales, aunque también hay para combustibles minerales y de energía eléctrica. Dependiendo de la localidad los principales acabados son natural, bruñido y vidriado con esmaltes translucidos u opacos; pero existen muchos más, así como formas de decorado de las piezas.

*Figura 23. Olla de barro.*

*“La mujer relegada al trabajo doméstico y conocedora de los secretos del arte del tejido y tintorería, se vuelve conservadora y transmisora de la tecnología textil”*

(Ana Roquero).

En el caso de los textiles se encuentran hechos en telares, ya sean de pedales o cintura, y los principales materiales usados son: el algodón con sus bordados y deshilados; el ixtle; los pelos de animal como la lana traída por los españoles; y la seda. Los decorados pueden estar compuestos por grecas, animales y en muchas ocasiones por formas inspiradas en la cerámica prehispánica.

El teñido es una parte muy importante en los textiles mexicanos, ya que el uso del color es fuente de identidad; los colorantes usados son en su mayoría químicos, a pesar de la abundancia de colorantes naturales en Mesoamérica. 42

El arte popular es cultura y técnica que distingue cada región de nuestro país y al mismo tiempo le brinda identidad. Es una forma de ofrecer un referente para la aplicación de nuevas tecnologías, evitando que éstas se encuentren fuera de contexto.

## COLOR

Dentro de la cultura mexicana el uso del color es una de sus principales fuentes de identidad, se recurre a una audacia en su uso que no se encuentra muy a menudo en otros sitios (*Figura 24*), no se posee una unidad cromática y ésta cambia con el tiempo y la región del país donde se ubique.

En la época precolombina el color en la cultura simbolizaba, mientras que en la colonia su uso era teológico, y en los tiempos modernos se hizo uso político; sin embargo “es inútil tratar de otorgar a los colores valores simbólicos estables” (Diana Magolikerpel).

El color en la cultura es un fenómeno perceptual y conceptual, haciendo posible la capacidad de distinción o diferenciación y clasificación para ordenar. La distinción cumple con la función social de mandar señales para comunicar a través de signos; en principio te da reconocimiento con tu grupo y distinción de otros grupos; en segundo lugar te brinda distinción dentro de tu grupo o jerarquías; en tercer lugar la distinción como individuo con respecto a los demás, por ejemplo con la función ostentadora de llamar la atención. 43

*“La importancia del color para el simbolismo viene de la flexibilidad de las asociaciones a las que puede dar lugar” (Georges Roque)*

Para este proyecto recordaremos que México se encuentra lleno de utensilios relacionados con la siembra; además de saber que es sus artesanías y en el uso de color que encuentra una buena parte de su identidad. En cuanto a las artesanías, se podrán usar como referente cultural aplicado a un sistema de riego nuevo, como en el caso de la cerámica y los textiles. En cuanto al color nos quedaremos con que su uso en la cultura mexicana es atrevido.

*Figura 24. Uso del color en los alebrijes.*

42. Martínez, Porfirio. 1975

43. Roque, Georges. 1951



## CAPÍTULO 3



# Sistemas de captación de agua y riego

# CAPTACIÓN DE AGUA

Todo sistema para la obtención de agua debe tomar en cuenta su accesibilidad y compatibilidad con el conocimiento local. Existen fuentes perennes como el agua subterránea y estacionales como la lluvia, cada lugar cuenta con diferentes formas de encontrar el recurso.

A continuación se mencionan las formas de obtención de agua más representativas, abarcando desde el agua que se encuentra en la neblina o el ambiente, la lluvia, pozos, ríos y lagos.

## AGUA DE NIEBLA

Los recolectores de neblina logran la captación del vapor de agua que se condensa naturalmente sobre una superficie fría, formando las gotas que escurren por gravedad hasta los recipientes contenedores.

Para su construcción se usa regularmente polietileno de alta densidad, también llamado raschel o malla sombra, polipropileno y nylon (Figura 25). Se busca que los materiales tengan la propiedad de dejar escurrir rápidamente el agua que se atrapa, para evitar la evaporación. Las gotas que se resbalan se captan a través de una tubería.

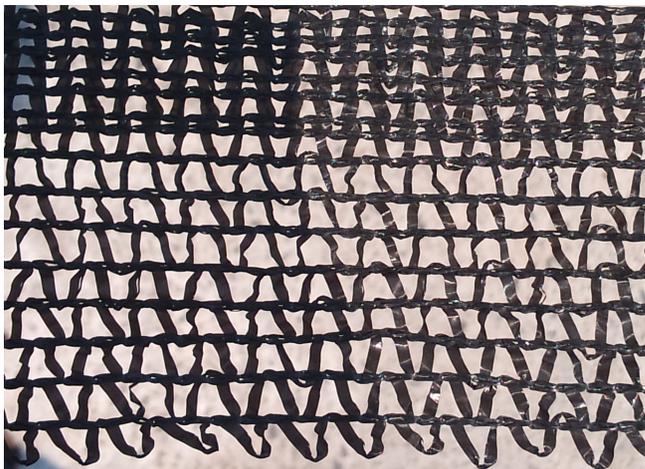


Figura 25. Malla sombra.

Figura 26. Acomodo captadores de niebla.

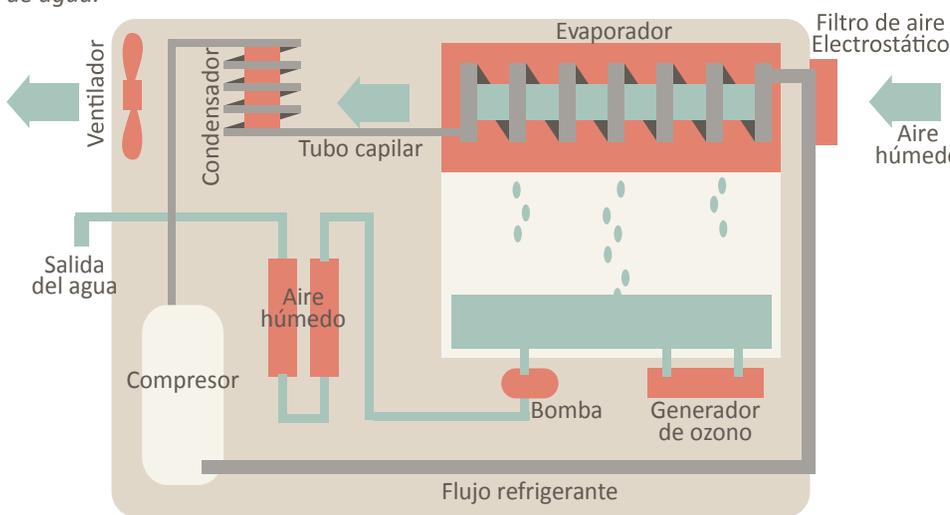


Las mallas regularmente son de 40 m<sup>2</sup>, con una altura de 4 a 8 metros. Una sola malla capta en promedio 200 litros al día, pero puede ir de los 150 a los 750 litros, dependiendo de las condiciones. Su acomodo se realiza con hasta 3 mallas continuas, dejando entre ellas unos metros para no impedir el paso del aire. (Figura 26)

Entre sus desventajas se encuentran la necesidad de brindar mantenimiento a la malla, que es aplicable en pocos lugares debido a sus requerimientos de clima y tipología, y no ser una fuente constante de agua. Ésta última le valió su abandono en El Tofo, Chile. 42

Figura 27. Diagrama funcionamiento generador atmosférico de agua.

Sin embargo, se ha extendido su uso y en lugares como Lima, Perú, cercanos al océano pacífico, se pueden captar hasta 2271 litros al día con 7 colectores.



### GENERADOR ATMOSFÉRICO DE AGUA

A partir de la humedad atmosférica existente en el ambiente, se condensa con frío, para producir agua (Figura 27). Se necesita una humedad de por lo menos 55% con una temperatura de alrededor de 20°C. La desventaja se encuentra en la necesidad de usar energía, en muchos casos proveniente del petróleo. Aunque existen algunos métodos naturales. 43

42. Dale, Stephen. 2013

43. GED. 2008

## SIEMBRA DE NUBES

Se modifica el clima propiciando la condensación en las nubes con yoduro de plata o hielo seco (dióxido de carbono sólido).

## CONDENSADORES

Se encuentran enterrados. Por la mañana el aire caliente pasa por debajo, se enfría y condensa el vapor obteniendo agua (Figura 28). Se encuentra frío debido a la pérdida de temperatura durante la noche. El condensador debe ser hidrofóbico y no retener calor. Pueden usarse tiendas de polietileno, metal u OPUR (polietileno + dióxido de titanio + sulfato de bario)

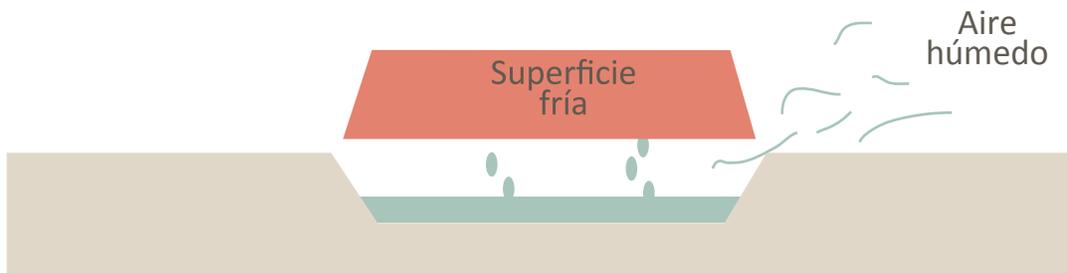


Figura 28. Funcionamiento básico de un condensador.

## COSECHA DE LLUVIA

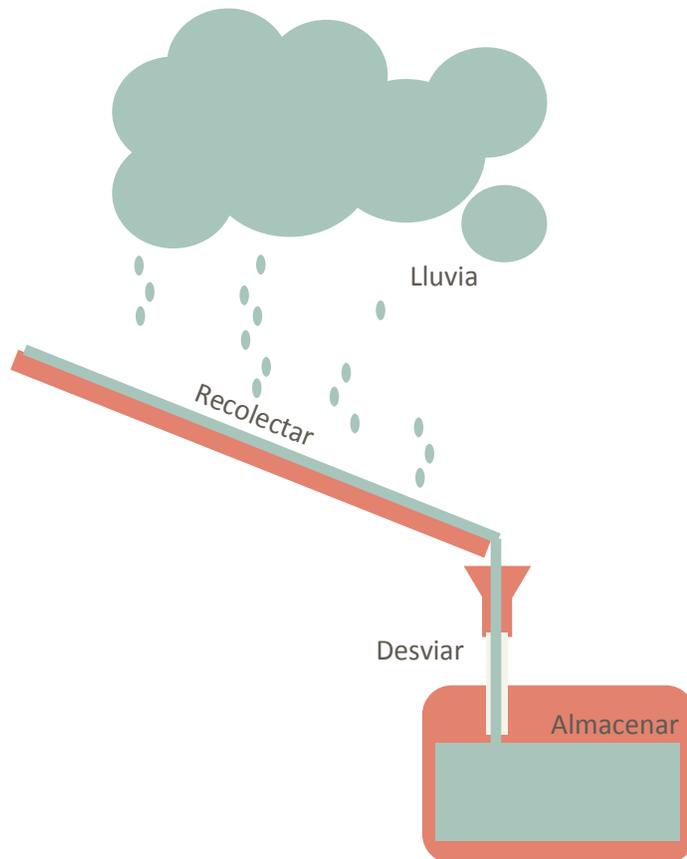
La captación de agua se realiza durante la temporada húmeda de lluvia. Los sistemas para cosecha de lluvia deben (Figura 29):

- Recolectar.** área impermeable y lisa.  $1 \text{ mm de agua} = 1 \text{ L/m}^2$
- Desviar o conducir.** por gravedad
- Filtrar.** evitar basura que tape el sistema de riego
- Almacenar.** recipientes opacos protegidos de la luz solar directa, tapados y que se puedan limpiar
- Distribuir el agua.** de forma eficiente y planificada, emisores de goteo o cerámica son los mejores, con bomba o gravedad.

Debido a que se requiere espacio para almacenar, se debe tomar en cuenta que se puede hacer uso de los acuíferos, como lo hacían los mayas, y que el almacenaje subterráneo aumenta los costos. Además los recipientes deben ser protegidos con tapas o redes contra mosquitos, y deben tener filtros para evitar que los distribuidores del agua se dañen.

Recolectar lluvia ayuda a ahorrar agua de fuentes agotables y puede reducir la cantidad de agua que produce inundaciones y erosión. Para su obtención es bueno aprovechar los techos o hacer canales en la tierra, si se realizan los canales es mejor si el suelo se acomoda en terrazas para poder detener la corriente. Para hacer mas eficiente el uso del agua recolectada, es recomendable mantener el material orgánico del suelo, ya que éste ayuda a retener la humedad.

Figura 29. Sistema para cosecha de lluvia.



## EXTRACCIÓN DE AGUA SUBTERRÁNEA

Pueden ser superficiales o de pozo (Figura 30), el 20-75% del agua se recupera naturalmente. Lamentablemente la velocidad a la que son explotados estos yacimientos es superior a su capacidad de recuperación. En los lugares con reservas de arena, ésta funciona como un filtro natural y evita la evaporación.

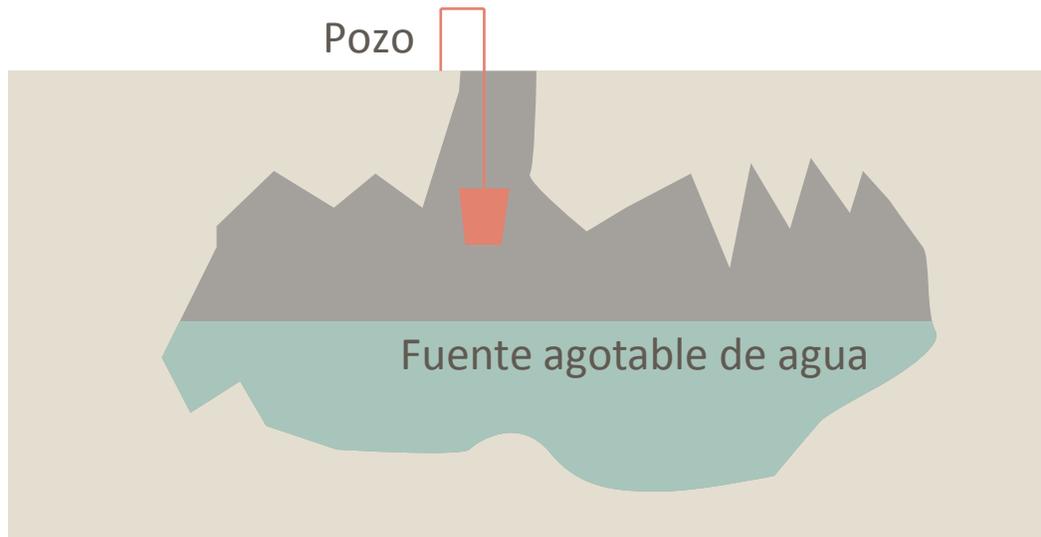


Figura 30. Extracción de agua subterránea.

## CONCLUSIONES

De entre los sistemas para obtener agua que se encuentran en la actualidad la cosecha de lluvia y la captación de neblina son los que mejor relación costo-beneficio tienen, éstos se pueden realizar con un mínimo de inversión y con materiales que se encuentran de forma común. Además son fuentes de agua ambiental más abundantes.

Sin embargo ambas dependen del clima de la zona y no se puede tener una fuente confiable diaria, por eso es importante no solo contar con la forma de captación, sino también con la forma de almacenar el agua recolectada.

# SISTEMAS DE RIEGO

Los sistemas de riego pueden aumentar la productividad de un cultivo a más del doble, en relación con las toneladas obtenidas en una hectárea bajo sistema de temporal. Sin embargo, la forma en la que comúnmente se hace, esta provocando la pérdida de suelos fértiles y el abuso en el consumo de agua. Los nuevos métodos de riego se han ido popularizando, pero los elevados costos de instalación y manejo siguen siendo un problema para los pequeños productores.

Para encontrar los métodos más eficientes se hace un listado de las formas de riego más representativas, haciendo hincapié en la diferencia entre los métodos más usados o convencionales y los métodos más eficientes o localizados.

## MÉTODO CONVENCIONAL

Se refiere al método de riego de superficie y por aspersión, ambos provocan salinización y aniego. Son los métodos más comunes por antigüedad y por costo.

*Figura 31. Riego por superficie.*



El **riego por superficie** (55-90% eficiencia) se realiza cubriendo el terreno con agua por inundación, es el método más usado por ser barato y no requerir de equipos hidráulicos que manejar; pero no es uniforme, barre con el suelo provocando erosión y requiere de enormes cantidades de agua. (Figura 31)

El **riego por aspersión** (65-90% eficiencia) intenta imitar la lluvia, proporciona variedad de ángulos y alturas por chorro, puede ser permanente o portátil; pero mantener la presión adecuada es fundamental, entonces se requiere de mayor inversión y uso de equipos especializados, con la adición de provocar los mismos problemas en el suelo y el agua del método de riego por superficie. (Figura 32)



Figura 32. Riego por aspersión.

## MÉTODO LOCALIZADO

Ofrece de un 75-90% de eficiencia y se esta volviendo cada vez más popular debido a su eficacia ahorrando agua.

El **riego por goteo** aplica el agua gota por gota sobre la zona radicular, lo que significa que el uso del agua es mucho más directo y es el método más eficiente (Figura 33). Se realiza con tubería con goteros en serie, puede ser superficial o subterráneo. Sin embargo requiere de monitoreo y control,

sufre de taponamiento y si es subterráneo no existe control visual de su funcionamiento; además de que se debe considerar realizar un análisis de sitio, diseño del sistema, cotización, estudio económico/financiamiento, compra y recepción del equipo, apoyo, entrenamiento, servicio y mantenimiento, y garantía. Su precio puede ir de los 250 a los 2,500 dólares por hectárea.

Figura 33. Riego por goteo.



El **riego subterráneo** de la zona radicular se realiza con contenedores porosos o tubos en el suelo . Son técnicas sencillas y algunas antiguas, que no requieren de equipos caros, pero sí mucha mano de obra. Puede usarse para regar dos líneas de cultivo, manteniendo la fuente de riego en el surco o el medio de las dos líneas. La frecuencia de riego puede controlarse en este sistema, pero no el caudal, ya que éste depende del suelo y la porosidad del material. 44

## CONCLUSIONES

Es evidente que los métodos localizados son la mejor opción para lograr el ahorro del agua, en cuyo caso el riego subterráneo evita aún más pérdidas disminuyendo la evaporación. Sin embargo los métodos subterráneos ya sean por difusor poroso y goteo subterráneo son difíciles de dar mantenimiento ya que no se encuentran a la vista.

Además el riego por goteo se ha venido a difundir de tal forma que ahora acceder a esta tecnología se ha facilitado, brindándose la posibilidad de aplicarlo con un mínimo de infraestructura o la máxima automatización.

Es por eso que generar un sistema riego debe incluir el factor de eficiencia en la distribución del agua, flexibilidad de adaptación a las diferentes condiciones de los usuarios y accesibilidad para adquirirlo y usarlo.

¿Se puede generar una solución de diseño industrial a través del planteamiento de diseño estratégico para abordar la problemática del rendimiento de los cultivos de aguacate en México, a partir de una visión integral, con especial énfasis en el cuidado de los recursos naturales?

### ● Formulación del problema

# Objetivos

## GENERAL

Conformar una propuesta de Diseño Industrial que a través del análisis de diseño estratégico logre abordar de forma integral el aumento en la productividad del aguacate en México, como un detonador para evitar el abandono, fortalecer la actividad productiva y lograr satisfacción de vida. Asegurando su futuro de producción con prácticas agrícolas correctas.

## ESPECÍFICOS

1. Analizar los factores de producción del aguacate en México que limitan su rendimiento y como contrarrestarlo para encontrar soluciones innovadoras y que se adapten al ambiente local.
2. Generar propuestas de Diseño Industrial que logren satisfacer la necesidad funcional de aumento de rendimiento, así como la necesidad de cuidado del ambiente e interacción con el usuario.
3. Generar una propuesta de diseño que sea viable a su aplicación en el país y el medio que se necesita con un visión prospectiva.
4. Observar la situación de vida, usos y costumbres de la población productora de aguacate para generar una propuesta adecuada a su usuario.

# ORDEN DE TRABAJO

La Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación que tiene como objetivos propiciar el ejercicio de una política de apoyo que permita producir mejor, aprovechar mejor las ventajas comparativas de nuestro sector agropecuario, integrar las actividades del medio rural a las cadenas productivas del resto de la economía, y estimular la colaboración de las organizaciones de productores con programas y proyectos propios, así como con las metas y objetivos propuestos, para el sector agropecuario, en el Plan Nacional de Desarrollo.

En conjunto con la siguiente convocatoria 45:



Subsecretaría de Agricultura  
Dirección General de Fomento a la Agricultura

## PROYECTO ESTRATÉGICO DE TECNIFICACIÓN DEL RIEGO 2013

### C O N V O C A T O R I A

México, D. F. a 22 de mayo de 2013.

Conforme a lo establecido en el artículo 10 del ACUERDO POR EL QUE SE DAN A CONOCER LOS LINEAMIENTOS ESPECÍFICOS DE OPERACIÓN DEL PROYECTO ESTRATÉGICO DE TECNIFICACIÓN DEL RIEGO 2013, publicados en el Diario Oficial de la Federación el 22 de mayo de 2013, se convoca a todos los productores agrícolas, interesados en participar en el Proyecto Estratégico de Tecnificación del Riego 2013, bajo las siguientes:

### BASES

**OBJETIVO ESPECÍFICO:** Contribuir al uso racional del agua en la agricultura, mediante el establecimiento de sistemas de riego tecnificados que ahorren agua a nivel parcelario y fomenten la producción de alimentos y materias primas.

**POBLACIÓN OBJETIVO:** Las personas físicas o personas morales legalmente constituidas que se dediquen a actividades de producción agropecuaria en el territorio nacional, que cuenten con concesión de derechos de uso de agua vigentes o en trámite, o cualquier documento emitido por la CONAGUA en donde acredite el volumen de agua a utilizar en el proyecto, y con un proyecto de tecnificación del riego a nivel parcelario, pudiendo incluir o considerar recursos propios, financiamiento o ambos esquemas

Se determinó la siguiente Orden de Trabajo:

Se deberá prestar especial atención en los siguientes aspectos durante la etapa de investigación y solución:

- Ser una solución integral dónde los trabajadores del campo y los consumidores sean los principales beneficiados.
- Plantear este sistema en base a argumentos sólidos sobre los factores que afectan la productividad en el campo y su crecimiento.
- Tomar en cuenta las implicaciones a corto, mediano y largo plazo de la inserción de dicho sistema en la actividad productiva y su impacto en el ambiente.
- Desde la concepción debe estar pensado para la aplicación en el territorio nacional y más aún en zonas de baja productividad.

De dicha etapa se deben entregar documentos enunciativos y explicativos del proceso y solución.

Durante el desarrollo se espera que el sistema-producto:

- Pueda aplicarse en la mayoría de escenarios posibles.
- De preferencia ser de bajo costo de producción y requerir un mínimo de mantenimiento.
- Sea entendible y hasta intuitivo para el usuario. Reduciendo en lo posible la necesidad de capacitación específica para el manejo del sistema.
- Preferentemente ocupar materiales inocuos.
- Proteger de la pérdida de millones de metros cúbicos de agua y toneladas de suelo anualmente.

Para esta etapa se busca contar con: perfil de producto, memoria descriptiva y documentación necesaria para la comprensión total del proyecto.

# PERFIL DE DISEÑO DE PRODUCTO (PDP)

## ASPECTOS GENERALES

### **Especificaciones técnicas:**

Contar con captador de agua, depósito de almacenaje y distribución para riego.

Depósito de 70, 000 L para el riego anual. (*Boletín el Aguacatero #38*)

Accesibilidad para mantenimiento por el usuario final.

Protección de la intemperie.

Soportar un uso continuo.

Materiales de fácil aseo y reparación.

Adaptación para usuarios de bajo nivel educativo.

Captador para cosecha de lluvia y neblina.

Sistema de riego subterráneo de la zona radicular.

El objeto a diseñar debe tener la capacidad de resistir la acción del tiempo e intemperie, permitiendo que el usuario pueda modificarlo dependiendo de sus necesidades; además de tomar en cuenta el posible mal uso del dispositivo, debe permitir la reparación, ser flexible en su uso, simple e intuitivo, ofrecer tolerancia al error y realizar el menor esfuerzo físico posible.

El producto debe cumplir con los índices ergonómicos para poder ser manipulado, tomando en cuenta que será usado principalmente por personas mayores de 19 años.

Los materiales a ocupar deben ser resistentes a la acción de un uso constante, además de la acción de fenómenos naturales como heladas, granizo, inundaciones y sequía; sin olvidar que su relación con el ambiente durante su ciclo de vida.

Será un objeto desarmable para el aprovechamiento del espacio durante su posible almacenaje, sin embargo debe ser fácil de ensamblar y evitar un número innecesario de piezas.

## ASPECTOS DE MERCADO

Los usuarios que ocuparán este sistema serán campesinos de un promedio de 51 años, sin embargo se tomarán en cuenta todos los usuarios a partir de 19 hasta los 60 años, en su gran mayoría hombres con una educación media de 4.4 años. Se espera que el usuario posea gran conocimiento sobre

las formas tradicionales de cultivo en secano o en riego, así como interés en adquirir un sistema de riego más eficiente en el uso del agua debido al incremento de sequía en el país y la pérdida de suelo por mal manejo del agua.

El sistema será usado en muy diferentes topografías, ya que se pretende colocar en todo el país; los terrenos de cultivo se pueden encontrar tanto en lugares cálidos como fríos, además pueden ir de valles y planicies a montañas. Principalmente se usará en terrenos montañosos, al ser estos los más comunes de siembra en las zonas más afectadas por la sequía y desertificación dentro del país.

Se pretende que su venta se realice en ferreterías o tlapalerías para poder facilitar el acceso a piezas nuevas, en caso de requerirlas, evitando que el objeto quede en desuso por incapacidad de reparación o sustitución de alguna parte.

### **Riego**

Los sistemas de riego son una inversión para los agricultores, sin embargo 72% de ellos se encuentran debajo de la pobreza, haciendo casi imposible su acceso a los mismos, siendo éstos los que más los necesitan. El comprador de dicho sistema será tanto el usuario final o agricultor y/o la SAGARPA a través de subsidios del gobierno en un intento por alentar la producción agrícola de forma responsable con el ambiente.

La competencia se encuentra principalmente en los sistemas de riego por goteo, ya sea subterráneos o superficiales. Sin embargo, este tipo de sistema requiere de capacitación, así como de sistemas de bombeo para el control de la cantidad de agua que se suministra. Este tipo de sistema se puede mejorar ofreciendo uno que brinde el agua a la planta conforme se requiera, que además incorpore la captación de lluvia para tener una fuente renovable de agua.

El precio adecuado sería de menos de \$40,000.00 m.n. por hectárea (*Anexos 3: Encuesta a productores*), para asegurar su competitividad.

### **Captación**

El comprador son los agricultores, en su mayoría debajo de la pobreza, con posible subsidio de SAGARPA. La principal competencia son las ollas de almacenamiento que brindan captación a través de escurrimientos y por su área de apertura; sin embargo no en todos los terrenos son efectivas y deben colocarse en lugares bajos del mismo. El precio adecuado sería de alrededor de \$150.00 m.n. por metro cuadrado de recolección, tomando como referencia las ollas de captación. (*Boletín el Aguacatero #50*)

## ASPECTOS FUNCIONALES

El sistema completo deberá asegurar la cosecha del cultivo, en este caso del aguacate, con la posibilidad de aumentar su productividad por Ha y ofrecer calidad en el fruto. Evitando el estrés hídrico de la planta, el desgaste de suelo y desperdicio de agua. Todos los objetos serán en lo posible inocuos y evitarán la contaminación de tierra, aire o agua.

### **Captación**

El sistema de captación es necesario cuando no se tienen fuentes de agua disponibles o no se desea agotarlas.

En principio deberá poder captar al rededor de 70, 000 L de agua por cada hectárea de cultivo para garantizar el apoyo durante la temporada sin lluvia, que es de alrededor de 5 meses al año (*El aguacate: Características*). Esto lo logrará por medio de superficies en malla que permitan el paso del aire, pero obtengan el agua por medio de saturación del líquido. Se ubicará en las periferias del cultivo, evitando que entorpezca los labores, de preferencia a una altitud mínima de 6 metros para que la planta cuente con protección de sus frutos contra el viento.

La frecuencia de uso de este objeto será diaria, ya que además de obtener el agua cuando existan precipitaciones disminuirá la velocidad a la que pasa el viento. Deberá resistir la caída de granizo, heladas, fuertes vientos y la exposición directa al sol. El mantenimiento se realizará limpiando las mallas captadoras y los canales, evitando la acumulación de suciedad y reducción de eficacia en la recolecta.

### **Riego**

Deberá tener un contenedor o contenedores para el agua recolectada, evitando su evaporación hasta el momento de ser requerida, éstos tendrán que facilitar su acceso para distribuir el agua al sistema de riego, además de permitir su retiro en caso de no ser requeridos. La evaporación se evitará haciendo contenedores cerrados, sean estos subterráneos o no, mientras que durante el tiempo que no sean ocupados podrán ser desarmados para facilitar su almacenaje. Estos contenedores se encontrarán de manera recurrente dentro del terreno, preferentemente cercanos a los captadores, sin alejarse del lugar dónde se cultiva. La frecuencia de uso se encontrará en función de la disponibilidad del agua por lluvias, sin embargo es durante el periodo de enero a mayo que será requerido.

Los contenedores deberán resistir tanto la exposición a la intemperie como la presión ejercida en el interior por el agua que contendrá. El mantenimiento se realizará por limpieza interior del tanque a mano, debe permitir el acceso para dicho fin.

El sistema de riego deberá proporcionar agua de manera continua y de acuerdo a los requerimientos específicos de la planta, incrementando el uso eficiente de la misma. Deberá contar con un difusor poroso colocado a la altura de la raíz de cada planta para evitar la evaporación y desperdicio, permitiendo que ésta tome la cantidad de agua que necesita por osmosis.

El difusor poroso se encontrará enterrado a una profundidad máxima de 40 cm (*El aguacate: Riego*), a una distancia adecuada para que cada planta tenga acceso a por lo menos 3 difusores. Deberá resistir la peso del suelo sobre el objeto así como la presencia de tierra y raíces en el difusor. El mantenimiento se le dará cada vez que un difusor deje de funcionar arreglándolo o sustituyéndolo de manera individual extrayendo del suelo.

## ASPECTOS PRODUCTIVOS

En México se siembran al rededor de 114,471 hectáreas, en régimen de riego y temporal. El aumento de posibilidades de sequía y desertificación harán que la producción agrícola requiera cada vez mas de este tipo de sistemas, prolongando su producción por un periodo indefinido de tiempo, además de que su uso no se encuentra limitado a dicho cultivo.

El sistema debe tomar en cuenta que facilitar su buen estado es un punto clave para su permanencia y extensión en el uso común de los productores agrícolas.

### **Captación**

Partiendo de las malla-sombra para captación de neblina, el sistema de captación de lluvia se hará en base a un polímero hidrofóbico, que se encontrará en forma de tejido para poder captar la lluvia pero permitiendo que el aire circule a través de él, además debe contar con una estructura que brinde resistencia y ligereza. Las expectativas de utilidad de la malla también se extiende a años de vida útil, proporcionando el mantenimiento adecuado.

## Riego

Se usarán materiales que puedan ser sustituidos fácilmente o de fácil acceso, dentro de los materiales y procesos más difundidos en el país se encuentra la cerámica. La cerámica porosa es el medio más adecuado para la difusión del agua de forma directa a la raíz por sus características de ceder el agua por transpiración y evitar la entrada de tierra o raíces. Para que su producción se facilite se usará el método de vaciado en molde de yeso. Se espera que esta parte del sistema que es específicamente para riego tenga un tiempo de vida prolongado, pero tomando en cuenta que es un material susceptible a la rotura, su expectativa de utilidad será de 5 años, con cientos de miles de piezas requeridas dentro de un cultivo será una mediana producción.

Los contenedores serán de un material resistente a la contención del agua, además de su exposición a la intemperie y el paso del tiempo; se requiere de un objeto de gran duración. Será una primera producción de 2 millones de piezas tomando en cuenta que existen 120,000 Ha solo de cultivo de aguacate, su uso no se encuentra restringido para otros cultivos y se requerirán un mínimo de 100 piezas por Ha. Pero se reducirá a baja producción de temporada durante el año en caso de requerir más piezas. Los materiales que se pueden emplear son polímeros debido a las dimensiones y necesidad de una vida larga.

## ASPECTOS ERGONÓMICOS

El usuario se encuentra definido primordialmente a hombres mayores de 50 años con bajo nivel escolar, sin embargo el objeto debe poder usarse por cualquier usuario en edad laboral de 19 hasta los 60 años, se pretende que la mayor parte de la población adulta sea tomada en cuenta, esto incluye a mujeres, personas con discapacidades y tallas especiales.

Se debe atender a la morfología, psicología, biomecánica y seguridad del usuario.

Las formas, materiales, colores y texturas del producto deben indicar al usuario el modo de uso, evitando o disminuyendo así la posibilidad de errores y haciéndolo eficiente para el usuario.

El trabajo en el campo requiere de mucho esfuerzo humano, entonces se espera que este objeto haga más cómoda, entendible y eficiente la interacción con el mismo para cualquier usuario, donde es recomendable se eviten daños a éste, tales como, posiciones repetitivas e incómodas.

También es importante que durante su uso se busque la postura más natural del cuerpo para evitar la fatiga, además de tener indicadores del estado del sistema para su mantenimiento.

Se requiere una percepción del producto donde el uso sea intuitivo, tomando en cuenta el medio y cultura en que será usado, incentivando entendimiento y confiabilidad.

Debe permitir la tolerancia al error y brindar una información perceptible.

## ASPECTOS ESTÉTICOS

Debido a que el comprador será el usuario final y éste será un agricultor con escolaridad baja, preferirá objetos que le resulten familiares o que permitan su manejo de forma intuitiva y simple.

PREFERENTEMENTE se tratará de objetos que luzcan robustos o resistentes a un uso rudo y en la tierra. Mostrando de forma clara el funcionamiento del sistema para su uso, mantenimiento y/o modificación.

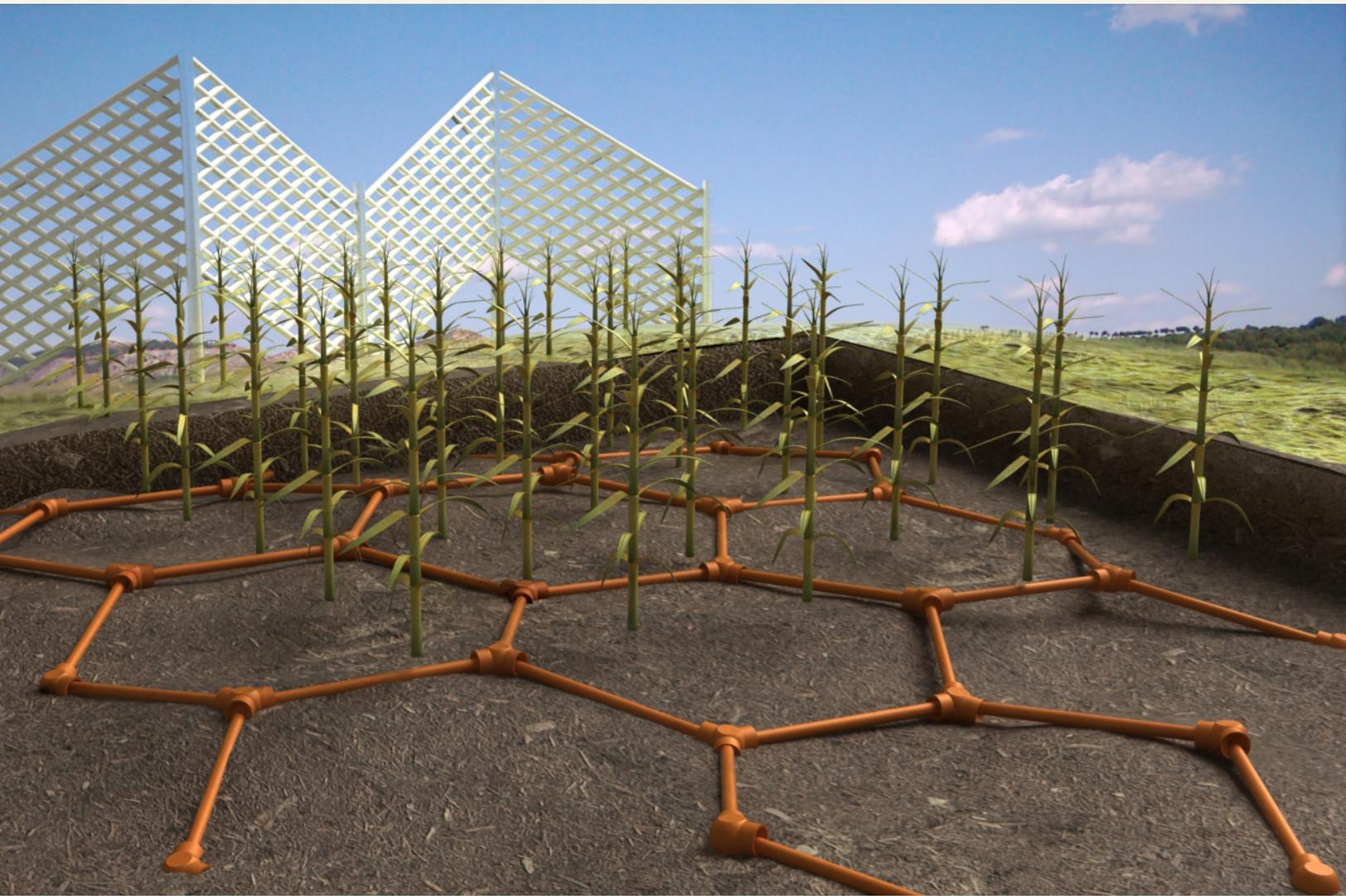
El contexto en que se insertará será natural o de pueblo, se deberá intentar que el objeto se acople a este entorno evitando en lo posible la ruptura con el mismo.

Su semántica debe ser entendible para el grueso de los usuarios, haciendo uso de símbolos preestablecidos dentro de su cultura que indiquen la forma de uso y que no es algo ajeno a su realidad cotidiana incluyéndose en la cultura del sitio.

Atendiendo a la necesidad de familiaridad con los objetos se hará uso de las dos técnicas más comunes dentro de la artesanía de todo el país, que son la cerámica y los textiles. La cerámica será preferentemente de barro rojo, para facilitar su acceso al material y a la quema de baja temperatura.

Es muy importante para que este tipo de objetos logre trascender y no venga en desuso que se incluya en la cultura dónde habitará, será por ello importante tomar en cuenta la cultura que se mantiene en los lugares donde se cultiva.

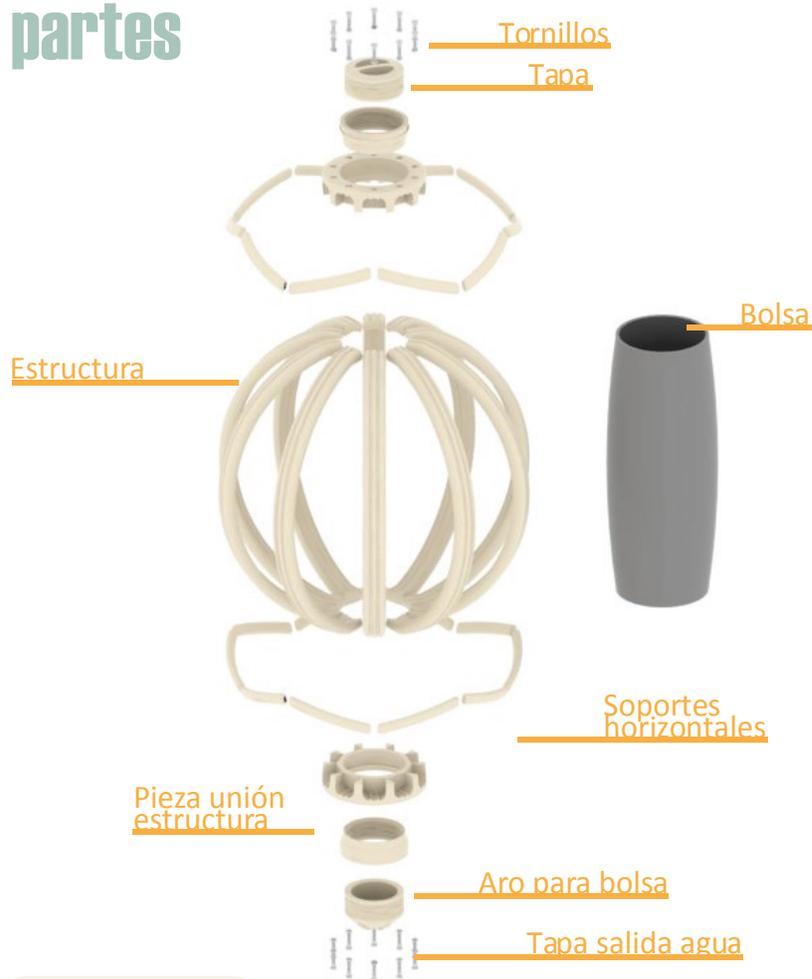
# CAPÍTULO 5



## Conceptos

# ESFERA COLECTORA

## partes



Funciona como una estructura exterior para la bolsa que contendrá el agua, permitiendo tener un referente visible de la cantidad de agua con la que se cuenta.



-Puede ayudar a transportar agua.  
-Almacena 400 L de agua.  
-Se puede ver con cuanta agua cuentas.



-Trasladar 400 kg para una o dos personas es mucho peso.  
-Muchas piezas elevan el precio.

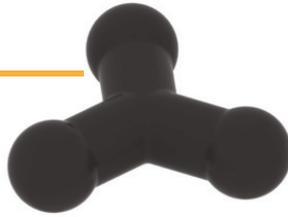
# RED DE RIEGO

## partes

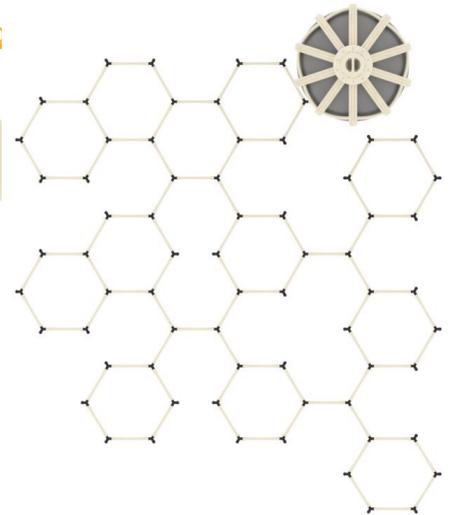


Difusor poroso

Conector



Tubo



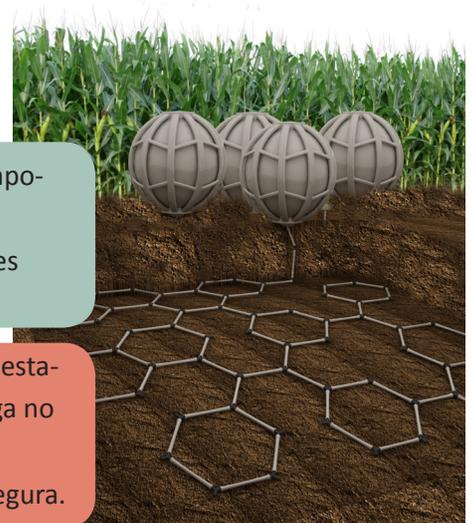
La red hexagonal para distribuir el agua es una respuesta a la necesidad de adaptarse a terrenos irregulares, así como garantizar la distribución uniforme del agua, evitando el punto de marchites permanente del suelo.



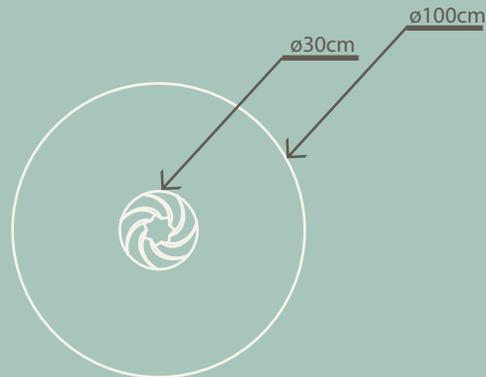
-Sistema subterráneo, evita evaporación.  
-La retícula crece hasta donde es necesario.



-No se puede tener control del estado de la tubería, en caso de fuga no existe algo que te la indique.  
-La forma de ensamble no es segura.



# CHUTUN



## Boca

Mismo diámetro que el cuerpo para indicar ubicación.  
Inclinación para ayudar a captar y dirigir el agua.

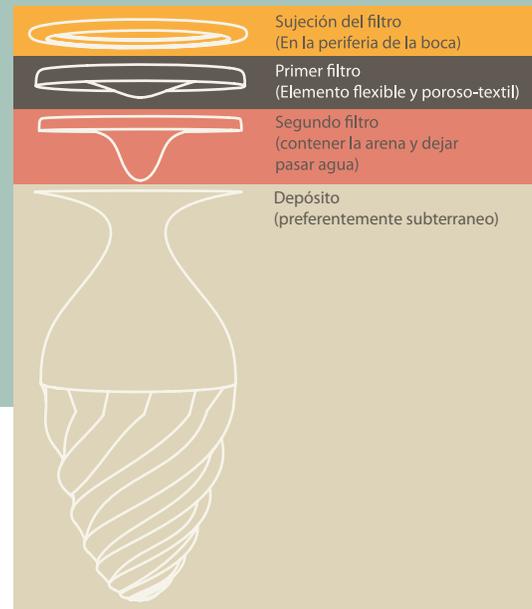
## Cuello

Diámetro menor para evitar pérdida de agua por evaporación

## Cámara

Forma de botellon para distribuir la carga.  
Fondo helicoidal para facilitar su instalación

ø170cm



- Su forma de tornillo puede ayudar a enterrarlo.
- Almacena 700 L de agua.
- Sería de producción local.

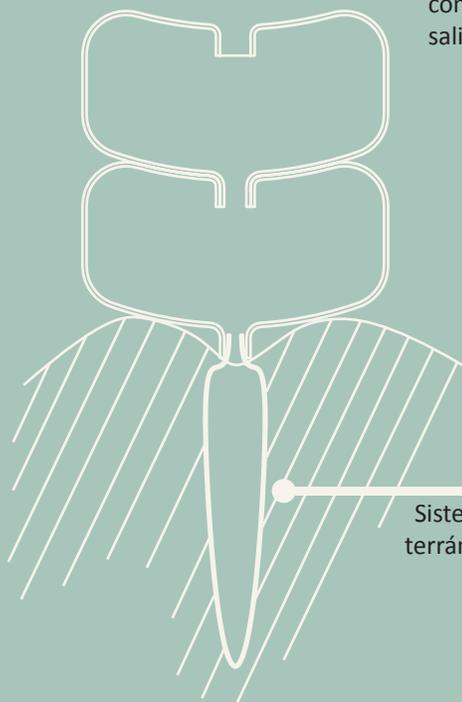
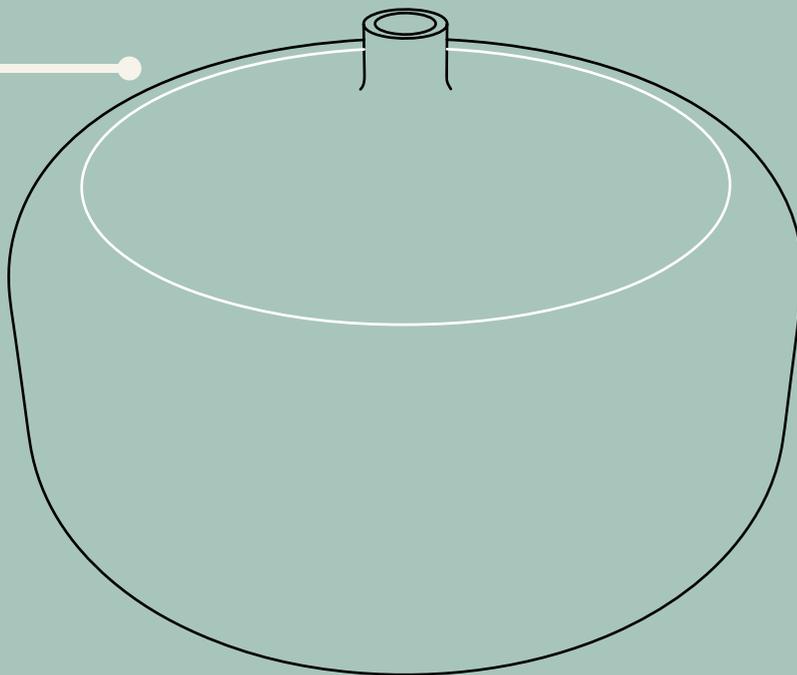


- Al ser de barro y por su gran tamaño es probable que se rompa.
- Producción compleja, moldes muy grandes.
- No compite con un tanque de plástico.

# CUEXCOMATE

## Depósito de agua

Capacidad de 9 L.  
Forma cilíndrica para rodar.  
Una entrada de agua, como embudo y una salida.



## Difusor de cerámica

Sistema de riego subterráneo para evitar la pérdida de agua.

El depósito más pequeño para trasladar el agua es una forma de facilitar el acarreo, ya que depósitos más grandes se pueden tornar peligrosos. Tiene la posibilidad de apilarse uno sobre otro conectándose, lo que permite aumentar su capacidad hasta donde sea requerido.

El difusor es de cerámica con forma de estaca para facilitar su entrada a la tierra.



-El depósito hace más fácil el traslado de agua.  
-El difusor de cerámica se autorregula de acuerdo a la humedad del suelo.



-Se requeriría de muchos depósitos debido a su poca capacidad, además no cuenta con apoyo para sostener todo su peso.  
-Clavar el difusor de cerámica como una estaca en el suelo podría causar que se rompa al aplicar fuerza de choque.

# OJO DE DIOS

## Superficie de captación

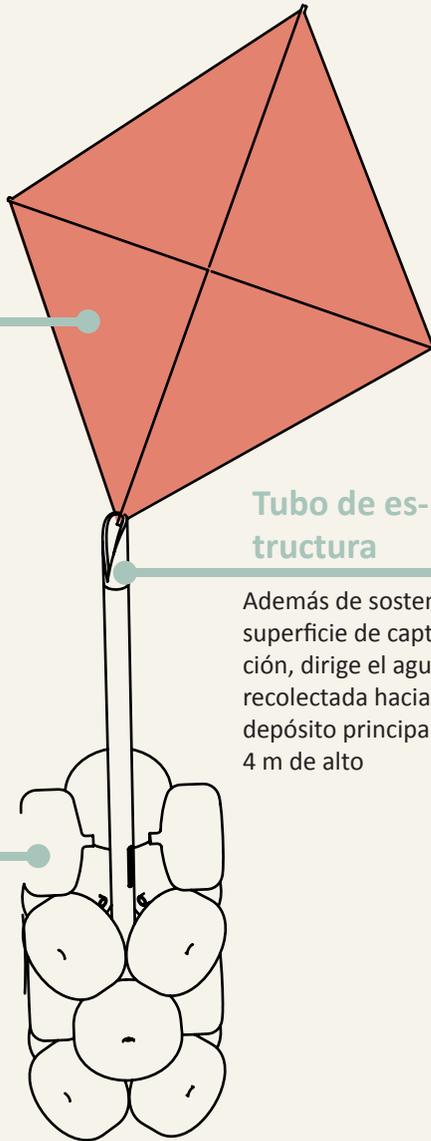
Tejada en forma de Ojo de Dios para guiar el agua hacia el centro de la estructura que lo llevará al depósito.  
4 m<sup>2</sup>.

## Tubo de estructura

Además de sostener la superficie de captación, dirige el agua recolectada hacia el depósito principal.  
4 m de alto

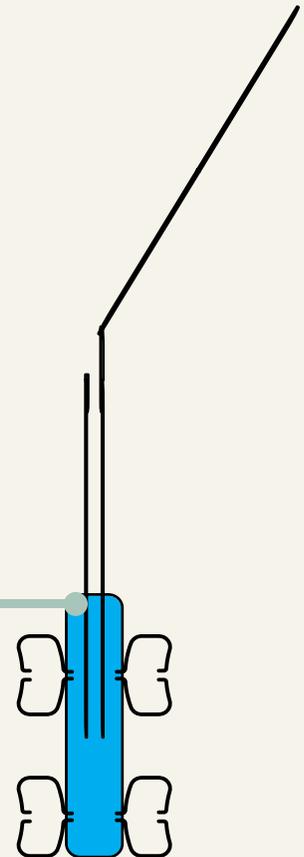
## Cuexcomate

Se haría uso de este depósito, para aumentar la capacidad del depósito general conectando las piezas.



## Depósito principal

Capacidad de 200 L.  
Objeto fijo en el terreno.  
Altura de 2 m.



- El depósito no tiene una cantidad definida.
- La forma del captador dirige el agua a un solo punto.



- El captador tejido requiere de mucha mano de obra.
- La estructura sostenida de un solo punto la hace inestable.
- El depósito principal tienen muchas salidas de agua, lo que podría aumentar la posibilidad de fugas.

# GLOBO Y DIFUSOR

Cuenta con asa para poder cargarlo y trasladarlo. El asa funciona como estructura exterior que jala hacia afuera, pero se detiene gracias a los tensores interiores de goma.

Estructura 2

## Difusor de cerámica porosa

Sigue siendo de forma cónica para entrar al suelo.

El tamaño de su boquilla aumentó para poder recibir la boquilla de una botella de PET.

Las nuevas estructuras, retoman el concepto de la esfera colectora pero a una menor escala para disminuir el peso y aligerando la estructura.

El difusor de agua contempla la entrada de botellas de PET para brindar otras opciones de acarrear agua reutilizando depósitos ya existentes.



- Reducir la estructura para bajar los costos.
- Reducir el tamaño para que sí se pueda transportar el agua.
- Contiene la cantidad mínima por semana de agua.

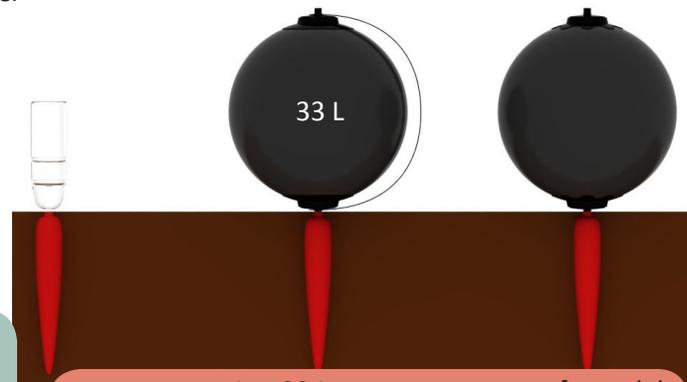
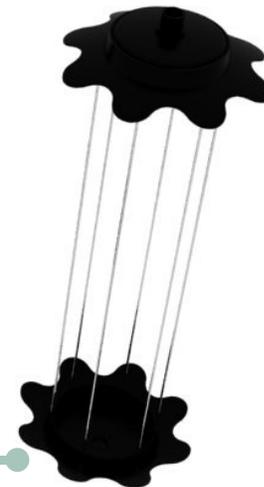


- Los 33 L se encuentran por fuera del límite de carga recomendada para una persona.
- No cuentan con soporte para sostenerse y mantener el equilibrio.
- Una botella requiere de un llenado constante.



Estructura 1

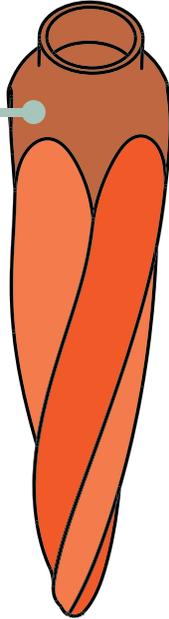
Es una estructura fija. Cuenta en el interior con varilla de acero inoxidable.



# GLOBO 2 Y DIFUSOR CON CUERDA

## Difusor con cuerda

Boquilla con entrada para botella de PET. Cuerpo con bajo relieve helicoidales para ayudar a enterrarse. Largo de 45 cm.

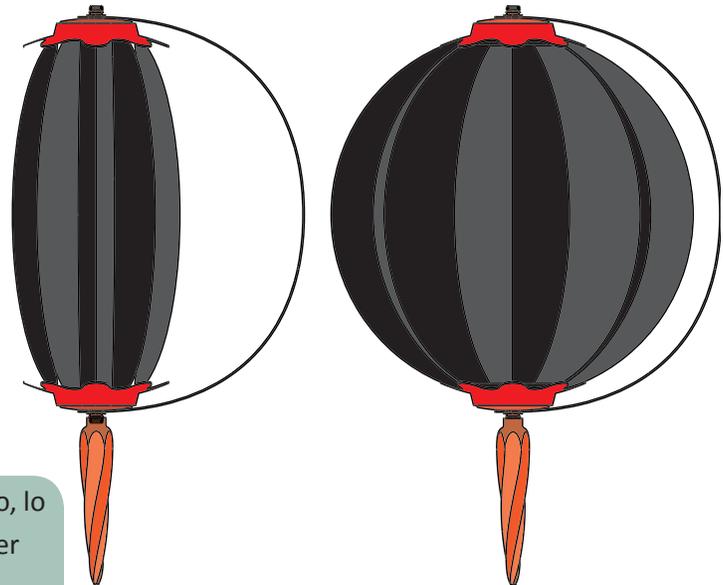


## Globo 2

Se mantiene la idea del globo anterior, pero se cambia la forma de la bolsa para que tenga una preforma que pueda expandirse de una manera más real.



En ambos casos se continuó la línea de desarrollo del depósito y el difusor, pero intentando acercar su configuración a la realidad funcional.



-El difusor ayudará a ser enterrado, lo que debe evitar la necesidad de ser clavado en el suelo.

-La preforma de la bolsa de hule es más real.



-Sigue sin tener apoyo para sostenerse.

-Requiere ponerse a prueba el difusor.

# GLOBO 3

## Estructura superior

Pieza que le brinda estructura al cuerpo al forma una columna central. Se ancla con la estructura inferior y el embudo para captar, atrapando la membrana semejante a la de un tanque hidroneumático

## Soporte

Ayuda a sostener y dar equilibrio a todo el contenedor. Además evita la evaporación en el tramo que cubre.

## Embudo para captar

Funciona como captador y soporte para rodarlo.

## Estructura inferior

Entra a presión con el soporte inferior, sujetando a presión la membrana de elastómero.

Este contenedor puede trasladar el agua rodándola, además de poder captarla en el sitio. Se conecta al difusor por un chupón incluido en la membrana.

✓ -El contenedor puede tener una preforma más redonda y cuenta con apoyo para sostenerse sobre el difusor.

✗ -Debido a que la membrana no es muy fuerte puede perforarse mientras se rueda por el suelo.  
-No se tiene una forma de sello seguro entre el contenedor y el difusor.  
-Sería muy difícil atinarle a la boquilla del difusor, en especial con el contenedor lleno.

# GLOBO 4

## Estructura superior

Estructura en columna. Entra a presión con la estructura inferior y sostiene la membrana con una pestaña perimetral.

## Membrana de elastómero

Se sostiene a presión en estructura superior con un engrosamiento de material, en la parte inferior entra a presión con la estructura superior y la base.

## Base

Sostiene la estructura y evita la evaporación del agua en el área de suelo que cubre.

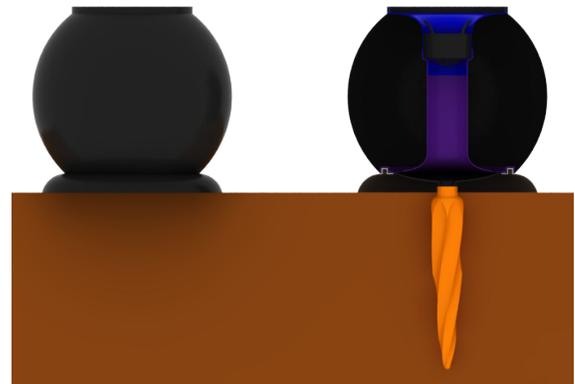
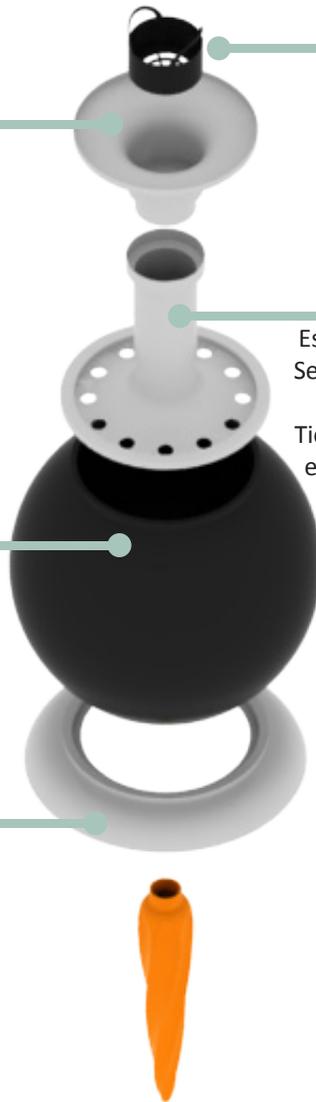
## Filtro

Detiene la suciedad que pudiera entrar al depósito.

## Estructura inferior

Estructura el depósito. Se une a presión con la estructura superior. Tiene perforaciones en el fondo para permitir que el agua pase a la membrana.

El contenedor es fijo para que pueda ser colocado fácilmente sobre el difusor. Se llenará con acarreo de agua.



- Mantenerlo fijo para evitar daños a la bolsa o la estructura.
- Incluir un tope para el filtro.



- Se necesitan mínimo 3 difusores, lo que significa que se requerirán 3 contenedores, lo que aumenta costos.
- El difusor fue probado (desarrollo análisis de usuario), no tiene las dimensiones correctas y su forma no ayuda mucho a poder introducirlo.

# CAPTADOR SOMBRILLA

## Costillas de estructura

Son de aluminio fundido con un contrapeso al inicio para abrirse automáticamente.

## Soporte de las costillas

Es la entrada al agua y le proporciona el eje de giro a las costillas.

## Superficie de captación

En material impermeable para maximizar la capacidad de captación de lluvia. Termina un poco antes de llegar al soporte de las costillas.

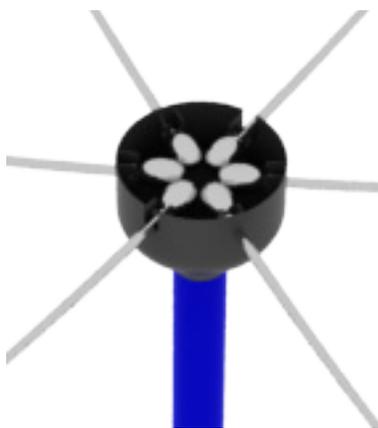
## Poste

Permite que el agua que cae de la superficie de captación resbale sobre él para dirigirla al depósito.

## Depósito

Recibe el agua recolectada y sostiene el poste para soportar el paraguas.

La superficie de captación se abre y cierra para evitar el daño por vientos fuertes.



-Logra maximizar la capacidad de captación al ser una superficie horizontal e impermeable.



-El sistema de cerrado automático depende de una cantidad de lluvia considerable para que lo pueda abrir.  
-El daño por viento es muy factible.  
-La superficie horizontal sobre las plantas evita que les llegue iluminación del sol.  
-No protege al cultivo del viento.

# CAPTADOR CASA DE CAMPAÑA

## Ganchos para la malla

Anclan la superficie de captación a la estructura de tubo de acero.  
Permiten que la malla se pueda deslizar para retirarla.

## Tubo de acero

Tubo de acero con ensambles de tubo telescópico más chico por dentro unido con soldadura.

## Tensores de cinta

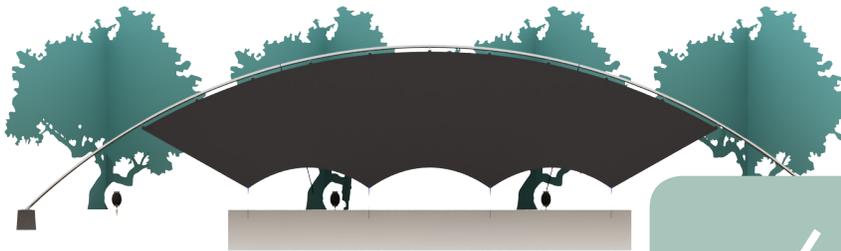
Cinta de carga que ayuda a sostener la estructura.

## Zapata

Hecha de cemento con base de acero para la entrada del tubo.

## Superficie de captación

Malla sombra al 50% para captar neblina y lluvia.  
Protege del viento.



La estructura completa tiene un largo de 40 m por un alto de 8 m.

Tiene cuatro salidas para el agua y se propone con el depósito debajo de ella.

✓ -Protege a los árboles y sus frutos del viento.

-Ocupa menos espacio que una olla de captación al tener la superficie de captación vertical.

✗ -Estructura muy grande, complica el traslado y ensamblaje. Es probable que se necesite una grúa por su peso.  
-Pedir que el lugar de almacenamiento principal se encuentre debajo impide que cada uno pueda ser colocado en la mejor posición dentro del terreno.

# CONTENEDOR Y DIFUSOR 2

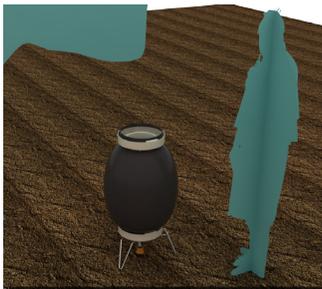
## Bastidor superior

Une la manga de riego a presión con la estructura central de columna (1) o con el embudo (2). En el segundo caso se sostienen atando al árbol.

Cuando se usa en la parte inferior se colocan las patas de alambre de acero inoxidable.

## Columna

Es la estructura central del contenedor 1.



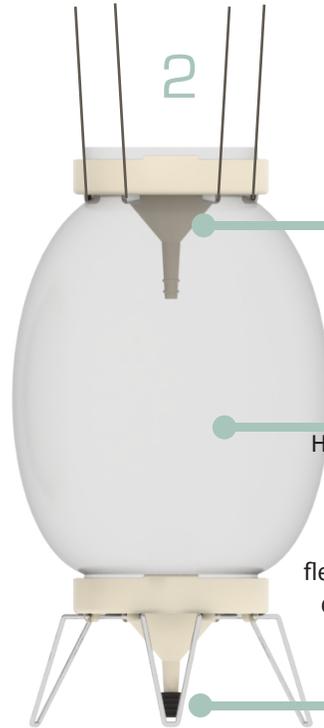
## Difusor de cerámica con cuerda

Después de realizar pruebas (Cap. desarrollo), se determinó que se tenía una mejor entrada al suelo colocando una cuerda semejante a la de una pija.

1



2



## Embudo

Dirige el agua hacia la entrada al depósito y es la misma pieza que en la parte inferior.

## Depósito

Hecho de manga de riego para bajar los costos y facilitar su acceso al usuario, sin sacrificar la flexibilidad que indica si el depósito está lleno o no.

## Empaque

Hace el sello con el difusor.



- El uso de la manga de riego en sustitución de una membrana de elastómero.
- El difusor con una cuerda mucho más pronunciada y de menor tamaño.
- La entrada con empaque del contenedor al difusor.

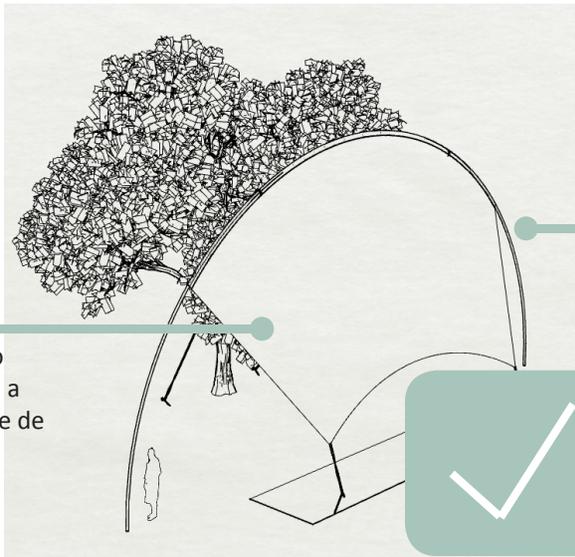


- Sigue siendo un contenedor por difusor, debe cambiar a un contenedor por árbol.
- Requiere una tapa y filtro para evitar la entrada de suciedad al agua.
- El bastidor con entrada a presión quizás no sea suficiente para evitar fugas de agua.

# CAPTACIÓN DE AGUA

## Superficie de captación

Se disminuyó el tamaño general de la estructura a 16 por 8 m. La superficie de captación es de 60 m<sup>2</sup>.



## Tubo de estructura

Se disminuyó su diámetro y longitud, bajando el peso general.



- Más fácil de transportar e instalar.
- Se puede invertir más fácilmente en uno.
- Protege el área de la copa.

## Superficie de captación

Se introduce a través de un ojal de lona en la parte superior. Además todo el perímetro de la malla se encuentra reforzado con lona que sirve como canal para guiar el agua hacia las salidas.



## Tubo de fibra de vidrio telescópico

Disminuye peso, aumenta flexibilidad y resistencia. Es colapsable dentro de sí mismo disminuyendo el espacio durante el transporte.



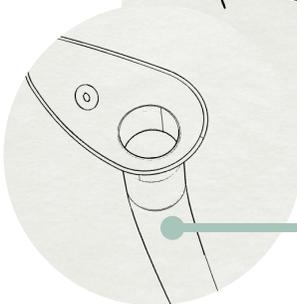
- Sigue sin tener una forma de canalizar el agua a otro sitio.
- El tubo es difícil de ensamblar para que permanezca junto mientras se tensa.



- Fácil de transportar e instalar.
- Mayor estructura a la malla sombra.
- Canalización del agua.

## Embudo para canalizar

Canaliza el agua captada hacia una salida de tubo, pudiendo enviar el agua a otro sitio.

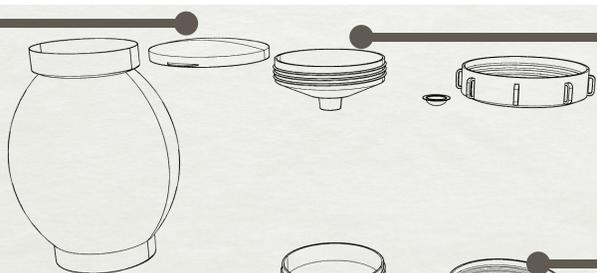


- Zapatillas sobradas para el peso de la estructura.
- El tubo de salida de agua es rígido y se puede romper con el movimiento de la estructura.

# DISTRIBUCIÓN DEL AGUA

## Tapa y filtro

Evita la entrada de suciedad.



## Entrada de agua

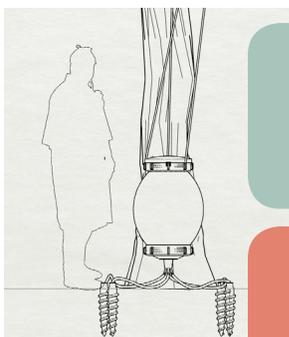
En forma de embudo con espacio para colocar el filtro.

## Salida de agua

En forma de embudo para aprovechar toda el agua.  
Cuenta con 4 salidas.

## Tuerca

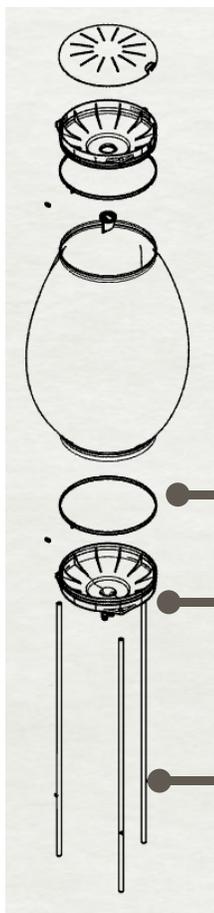
Con entrada para cuerdas para sujetar al árbol.



- Tiene salida para cada difusor.
- Se puede adaptar a cualquier terreno.
- Cuenta con filtro y tapa.



- Cada salida de agua necesita una llave para poder controlarla.
- La entrada con tuerca tuerce la manga de riego.
- Sostenerse del árbol no es posible cuando éste es joven.



Abrazadera de acero inoxidable ajustable con tornillo.  
Sostiene la manta en la estructura.

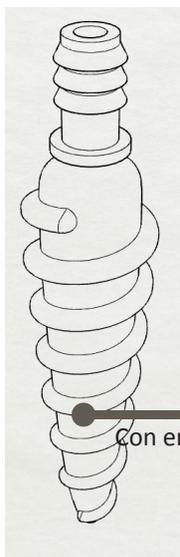
## Abrazadera

## Salida inferior

Cuenta con dos salidas de agua con llave de paso.

## Tubos

Estructura exterior del contenedor, hecha de aluminio.



## Difusor

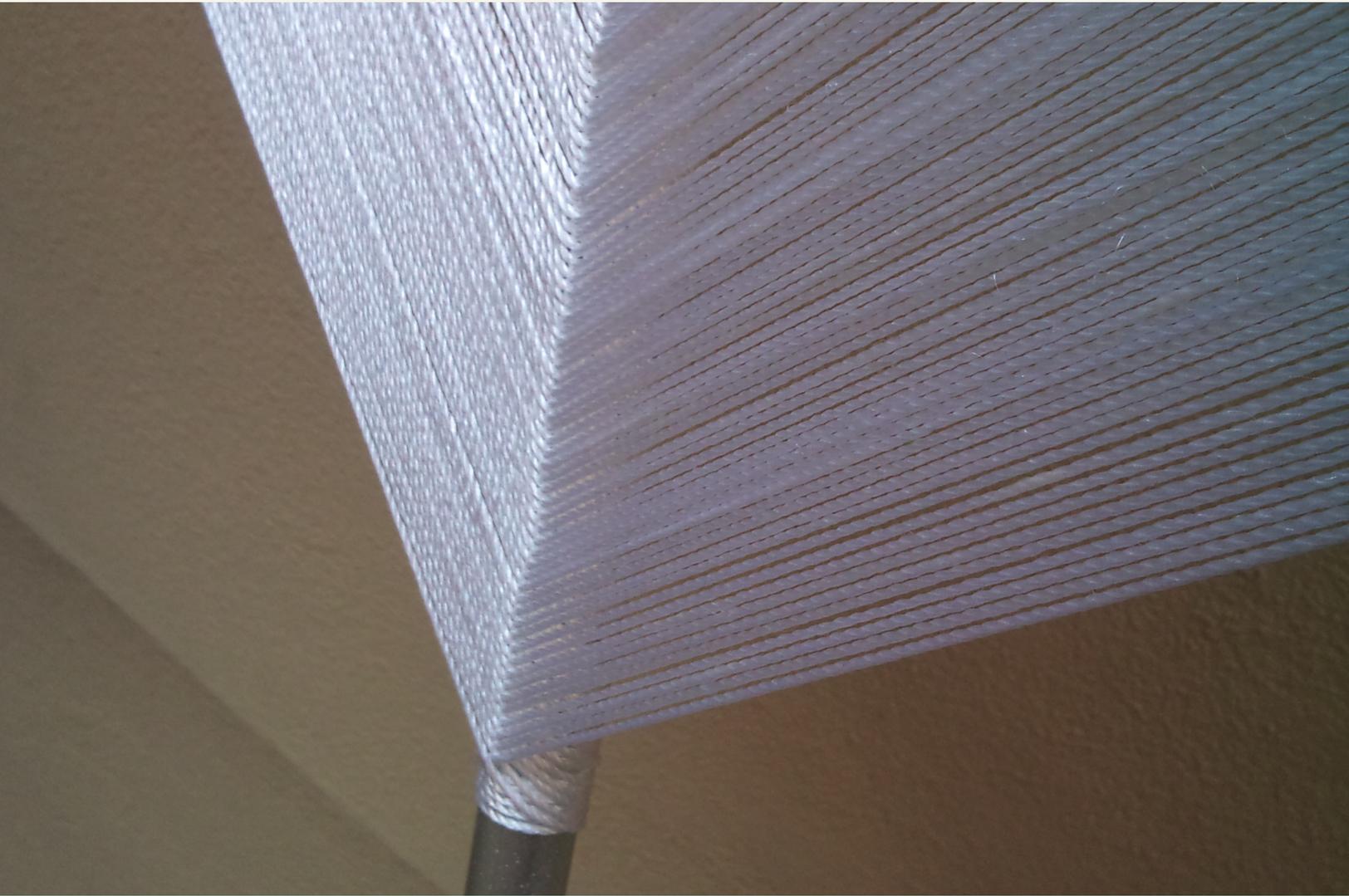
Con entrada para poliducto.



- Tiene salida con llave para dos poliductos.
- El difusor tiene entrada para poliducto.
- Es desarmable para facilitar guardado y traslado.
- Filtro de malla en bolsa.



- Muchas piezas complican el ensamble.
- Los remaches en el tubo no aguantan el peso del depósito lleno.



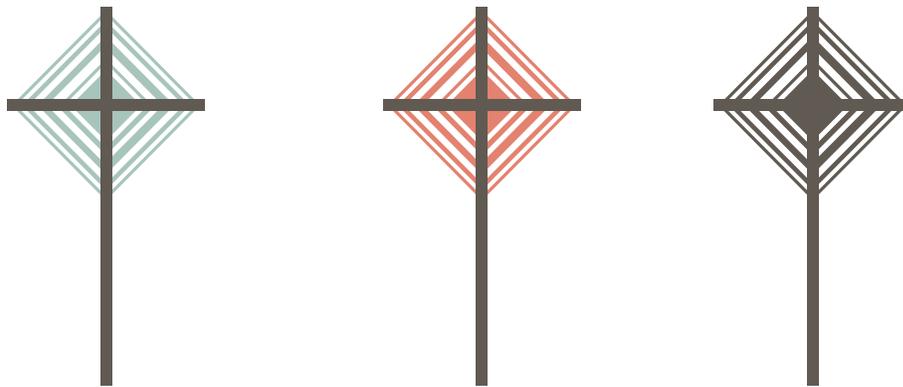
## ● Desarrollo

# DISEÑO EXPERIMENTAL

## CAPTACIÓN DE AGUA

**Objetivo:** Definir el material más adecuado para la captación del agua, permitiendo el paso del viento.

Para la captación de agua se pondrá a prueba un captador en forma de “ojo de dios” o rombo tejido a mano con hilo de distribución comercial de polipropileno y nylon sobre un marco de aluminio, colocado de forma vertical; contrastando además con un tejido comercial como la malla sombra.



 Tejido- Hilo polipropileno

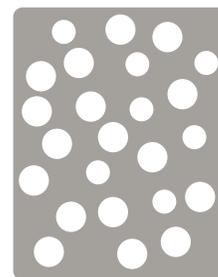
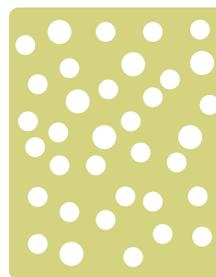
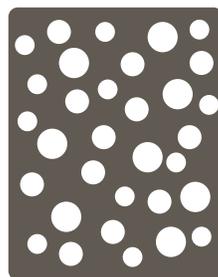
 Tejido- Hilo nylon

 Malla sombra- 50% polietileno

## SELECCIÓN DEL MATERIAL POROSO

**Objetivo:** Encontrar el material más adecuado para riego subterráneo.

Se busca que este material seda por osmosis la cantidad de agua adecuada para el cultivo, que de acuerdo a la literatura es de 30 L/árbol a la semana, lo que al día serían aproximadamente 4 L o 1 L



 Barro común poroso

 Cerámica CIDI

 Mezcla especial muy poroso

por difusor. La primera muestra será de barro rojo común de Xochimilco usado para macetas, la segunda muestra será de cerámica de la mezcla de Emma Vázquez Malagón del CIDI UNAM y la tercera de un polímero espumado.

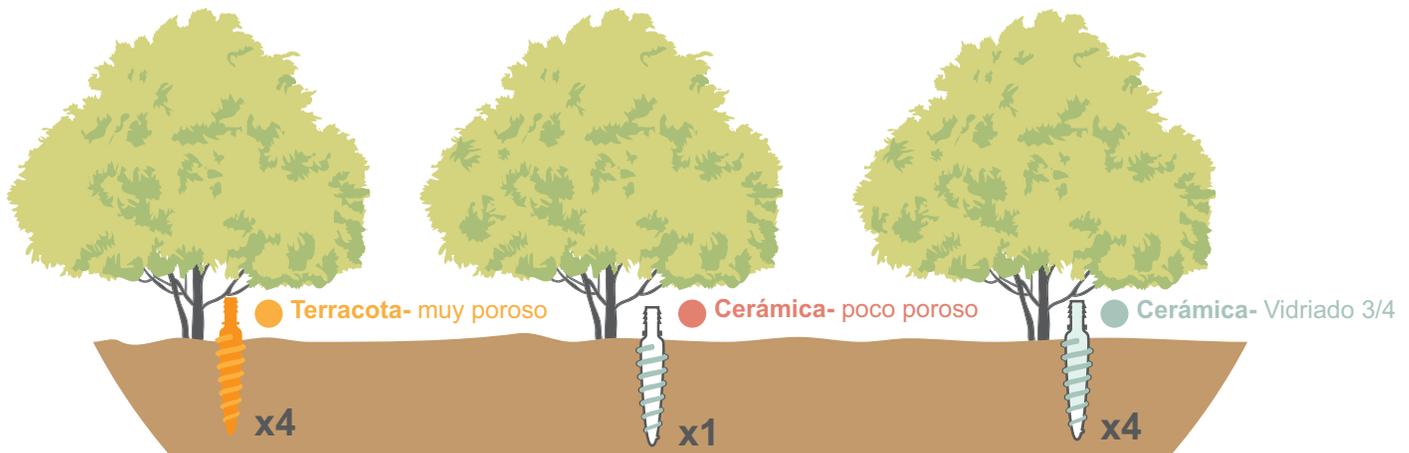
## SISTEMA DE RIEGO

**Objetivo:** determinar que material bajo las condiciones de difusor sede la cantidad de 1 L o más al día.

La superficie destinada para el cultivo será de 3 m<sup>2</sup> con una densidad de 1 planta/m<sup>2</sup> divididos en tres unidades de experimentación. Todas las unidades mantendrán un flujo constante de agua. La primera unidad tendrá difusores muy porosos, la segunda difusores poco porosos, finalmente el tercero será con el mismo material poco poroso vidriado hasta 3/4 de la pieza.

\*Esta parte del experimento fue determinada después de obtener los resultados de la selección del material poroso.

El acomodo de las unidades será el siguiente:

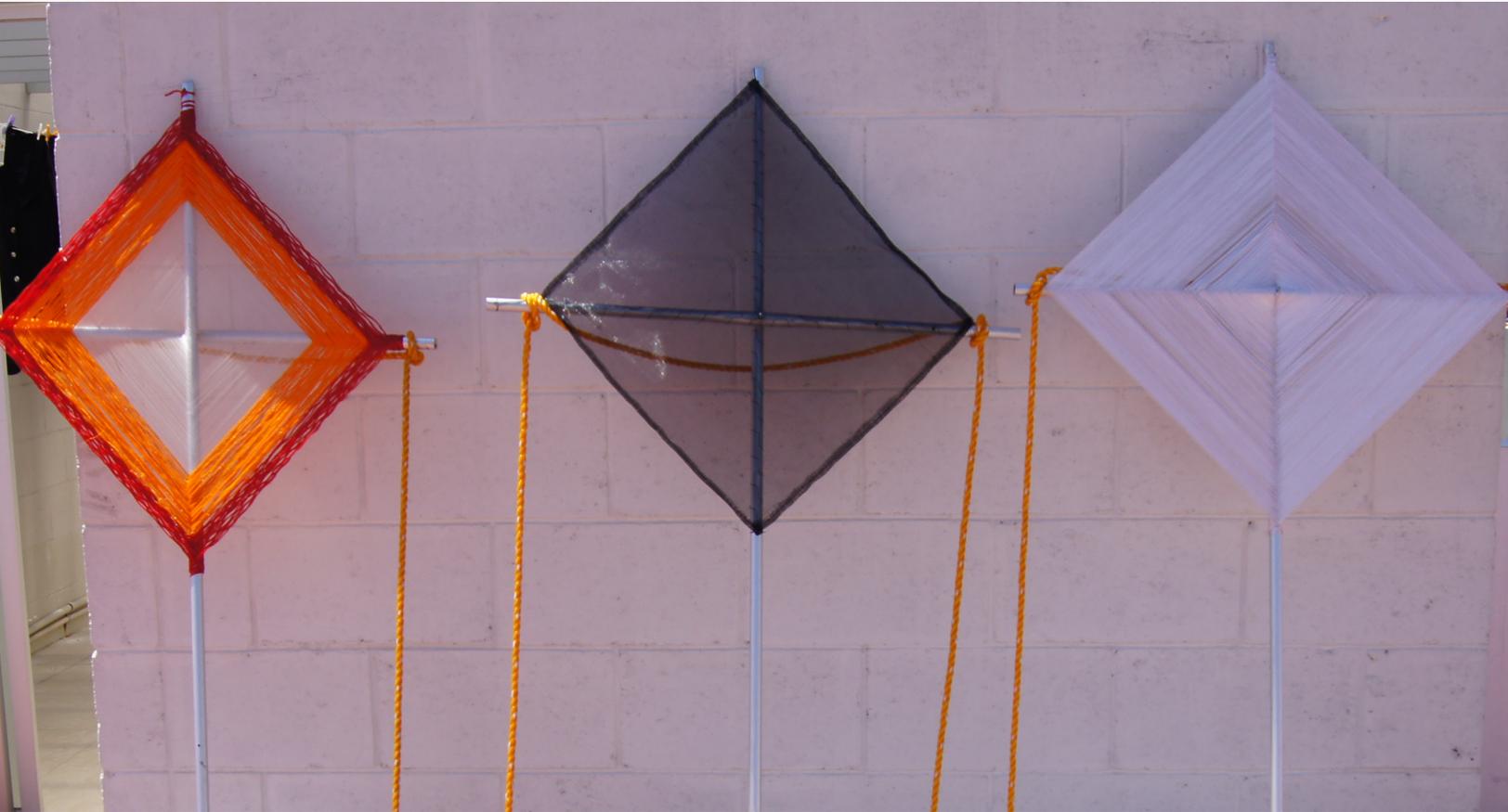


**Objetivo-** 30 L/semana/árbol  
o 1 L al día por cada difusor y cada árbol con 4 difusores

### Materiales:

- Contenedores. Botellas de PET.
- Difusor. Terracota y cerámica.
- Árboles. Aguacate, palma y durazno.

# CAPTACIÓN DE AGUA



*Captador de nylon,  
malla sombra y  
polipropileno.*

## **OJO DE DIOS 1**

El sistema para captación de agua en forma de ojo de dios (*Figura 34*) de 50 x 50 cm tiene como finalidad el obtener la mayor cantidad de agua posible del ambiente, contando con tres posibilidades:

### **Captación de lluvia**

Resultó el método más efectivo de recolección. Contar con la superficie de recolección elevada ayuda a aumentar el área sin entorpecer el trabajo de la parte inferior. El ángulo del tejido ayuda a guiar las gotas hacia el centro del artefacto, sin embargo existen pérdidas de las mismas al caer entre los hilos paralelos. El tejido separado entre hilos permite la circulación del aire, importante para evitar corrientes de regreso.

### Captación de neblina

Método menos eficaz de recolección. Debido a la naturaleza de la neblina se requieren de condiciones muy especiales de humedad y frío para lograr su recolección. Solo puede ser aplicable a algunas zonas. Durante la experimentación no se obtuvo ningún resultado.

### Captación de rocío

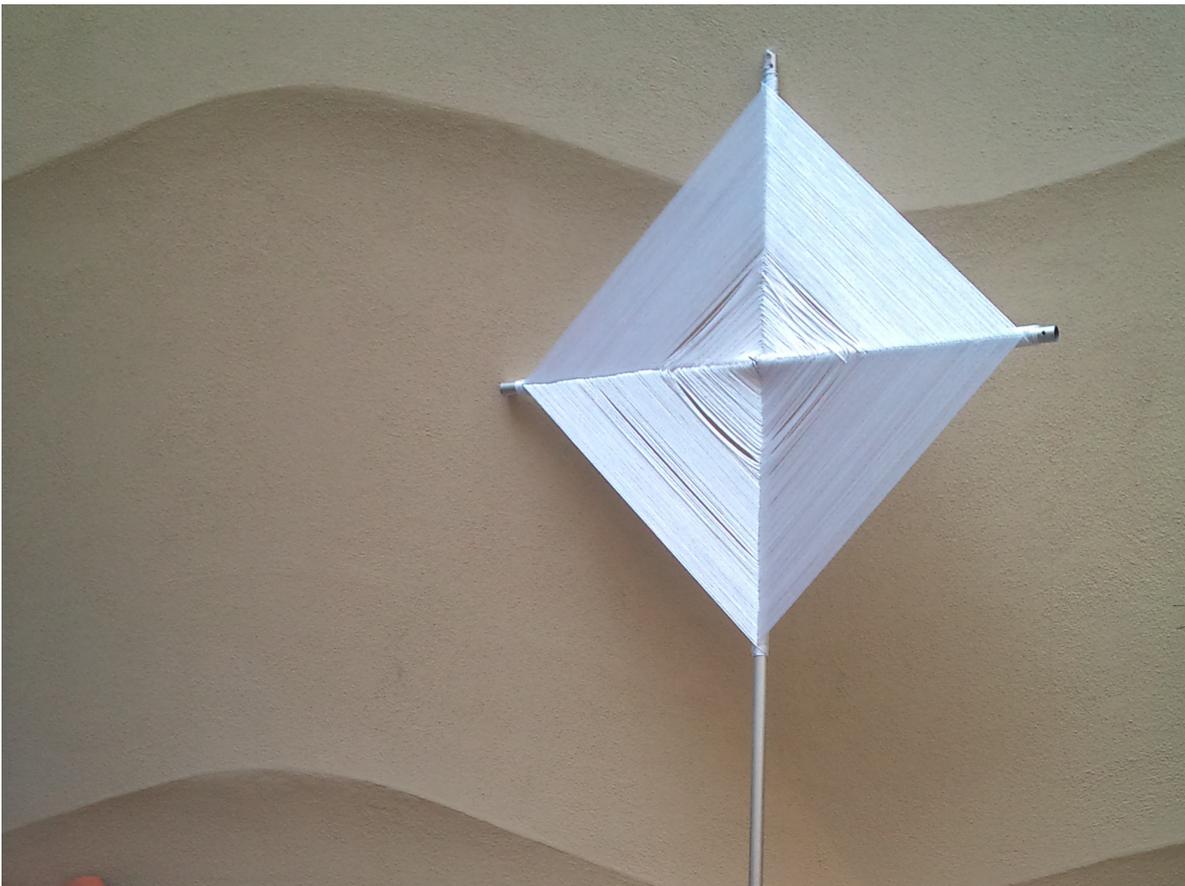
Incierto. Al parecer se requiere de un material completamente impermeable e hidrofóbico para lograr resultados, ya que el material presentó condensación de agua, pero no fue significativa.

### Materiales:

Hilo de polipropileno. Ofrece resistencia, higiene y no absorbe agua.

Tubo de aluminio. Ligero y resistente al ambiente.

*\*Adicionalmente se requiere de un contenedor impermeable y cubierto para evitar el escape el agua colectada.*



*Figura 34. Estructura de aluminio con tejido de polipropileno.*

## OJO DE DIOS 2

Debido a que el hilo de polipropileno mantiene la humedad se decidió hacer un segundo captador (Figura 35), esta vez con hilo de nylon del #60. Con dimensiones de 50 x 50 cm.

### Captación de lluvia

Continúa siendo el método más eficaz de recolección. El principio de la captación es el mismo del primer artefacto, sin embargo al ser de hilo de nylon no permite que la humedad quede atrapada en el tejido.

### Captación de neblina

Método menos eficaz de recolección. A pesar de contar con algunos días de humedad en el ambiente y hasta neblina no se logró recolección significativa de agua, es necesaria mayor cantidad de agua en el ambiente.

### Captación de rocío

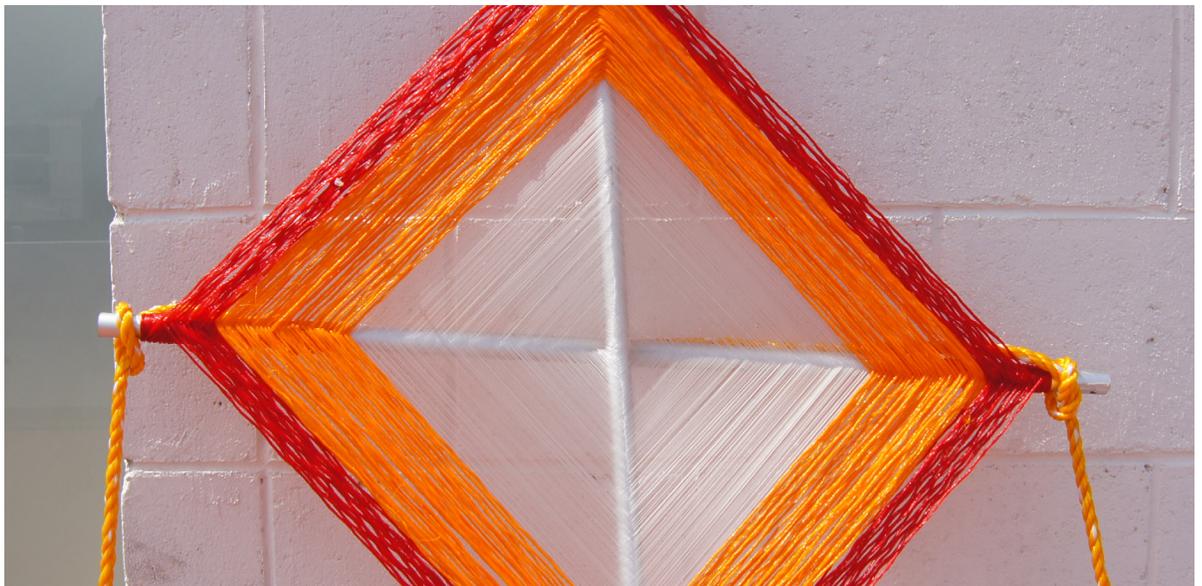
Método eficaz de recolección. En los momentos más fríos del ambiente, justo antes del amanecer, se logra captar algunas gotas de rocío. Aunque no sean significativas para el cultivo se pueden sumar a la captada por la lluvia.

### Materiales:

Hilo de nylon. Ofrece resistencia, higiene y no absorbe agua, es más difícil de tejer que el hilo de polipropileno.

Tubo de aluminio. Ligero y resistente al ambiente.

Figura 35. Estructura de aluminio con tejido de 200 m de hilo de nylon.



### OJO DE DIOS 3

Continuando con la prueba de materiales se decidió usar malla sombra (Figura 36), principalmente porque ya se ha usado con este propósito, con 50 x 50 cm. al 50%:

#### Captación de lluvia

Método más efectivo de recolección. La malla sombra ofrece una superficie más homogénea, con la suficiente apertura para dejar pasar el aire, pero no el agua. Se pierde parte del agua recolectada por escurrimientos que no siguen el camino correcto y terminan por caer fuera del contenedor. Es necesario que se coloque bien simétrica y lo más vertical posible.

#### Captación de neblina

Método incierto. Debido a la naturaleza de la neblina se requieren de condiciones muy especiales de humedad y frío para lograr su recolección. Solo puede ser aplicable a algunas zonas, en las condiciones adecuadas. Durante la experimentación no se obtuvo ningún resultado.

#### Captación de rocío

Método menos efectivo de recolección. Las gotas de rocío o vapor no logran llegar al depósito y no representan una cantidad significativa de agua.

#### Materiales:

Malla sombra 50%. Polietileno de alta densidad. Hidrofóbico, homogéneo y producto comercial.

Tubo de aluminio. Ligero y resistente al ambiente.

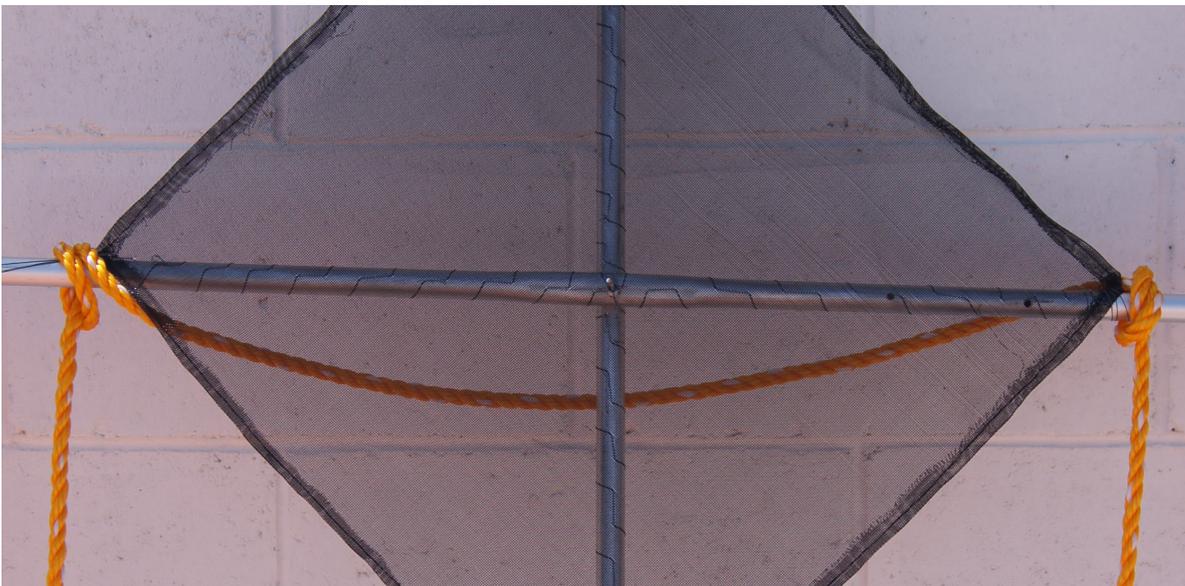


Figura 36. Estructura de aluminio con malla sombra al 50%

## COMPARACIÓN ENTRE CAPTADORES

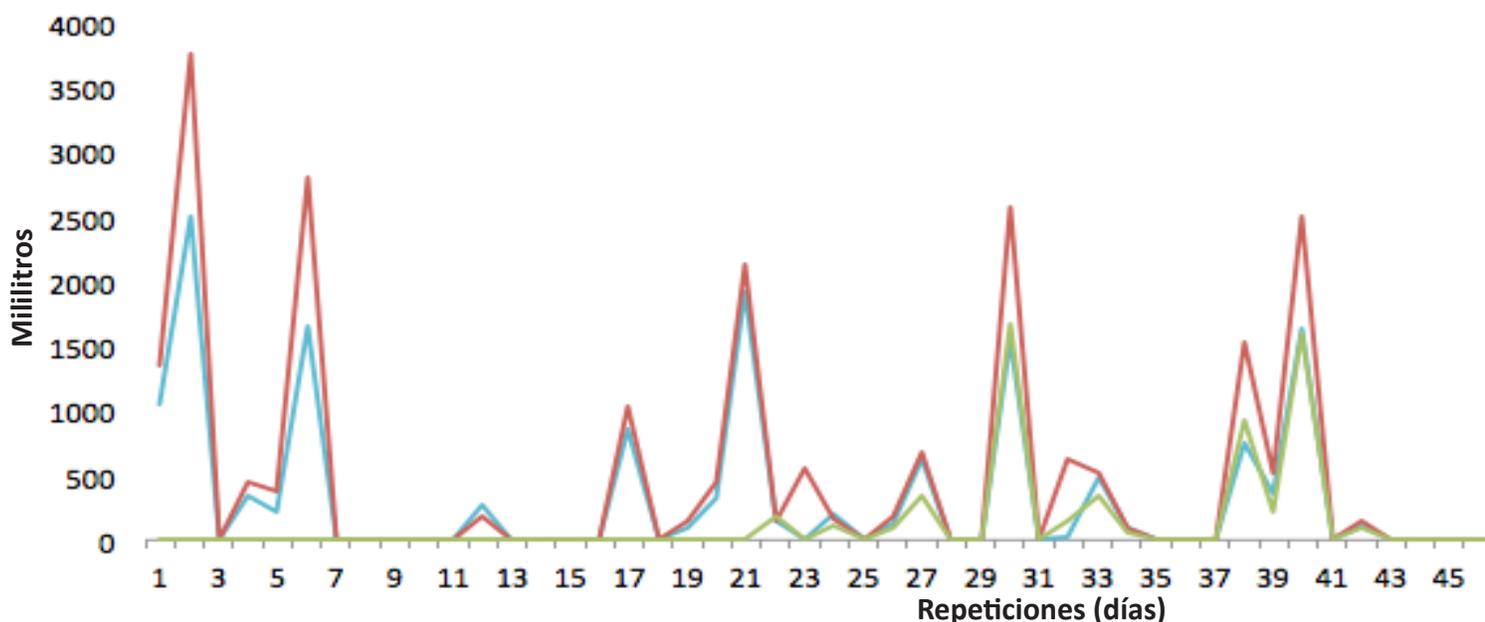
La experimentación se llevó a cabo en la Ciudad de Puebla, durante los meses de septiembre a noviembre de 2013. Cabe destacar que fue un año muy lluvioso y que a partir del 20 de noviembre no se percibieron lluvias (*Datos completos en Anexos 1: Captación de Agua*). Por otra parte el captador de malla fue introducido hasta 21 días después de comenzada la experimentación.

### Tendencias

En principio se hace notoria la tendencia entre los materiales a mantener un nivel mayor de captación para el tejido con hilo de polipropileno, seguido del nylon y por último de la malla (*Figura 37*). Se puede observar que la captación entre el hilo de nylon y polipropileno llega a empatar en algunas ocasiones. Además cerca de la muestra 37 se observa que la malla sombra logró recolectar más que el hilo de nylon.

A pesar de que se tiene cierta congruencia entre los resultados, se debe tomar en cuenta que la dirección de la lluvia puede afectar los resultados.

Figura 37. Tendencias de captación para los 3 materiales.



### Promedio

Para esta comparación se obtuvo la cantidad de agua que logran recolectar en comparación al control, obteniendo la cantidad real que cada colector obtuvo (Figura 38).

De acuerdo a los resultados el tejido de polipropileno fue el más eficaz con una recolección promedio de 598 ml, el nylon recolectó 373 ml promedio, mientras que la malla sombra fue la menos eficaz recolectando en promedio 150 ml.

### Conclusiones

El tejido más eficaz para la recolección de agua de lluvia es el hilo de polipropileno, gracias a su superficie regular que encamina el agua y a pesar de sus propiedades de absorción. Llegando a captar más del doble que lo captado por el control.

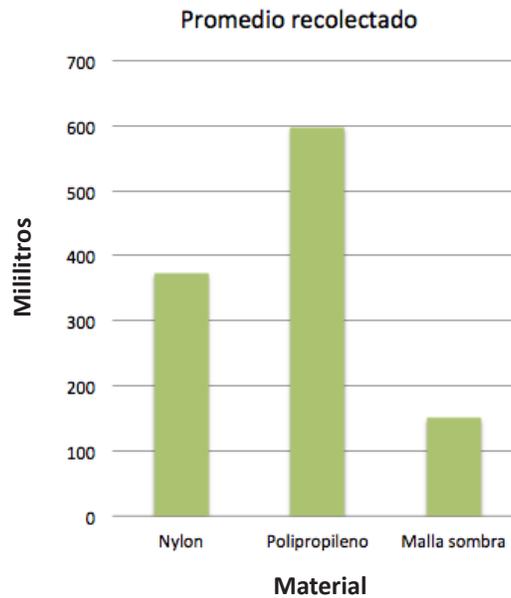
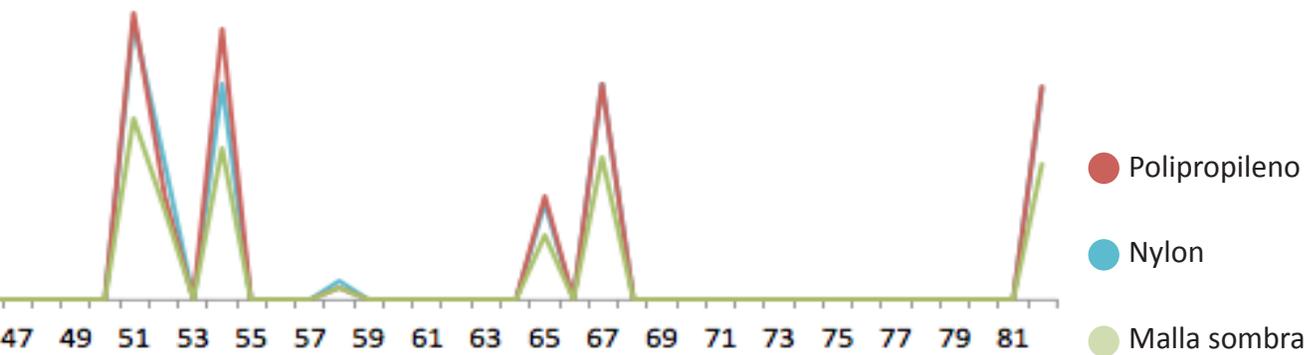


Figura 38. Promedio de agua recolectado por los 3 captadores en mililitros.



# DISTRIBUCIÓN DEL AGUA



Figura 39. Botellas con difusores de barro, cerámica y poliuretano, de izquierda a derecha.

## MATERIAL POROSO

En recipientes con capacidad de 1.5 L se colocaron 1.250 L para realizar las pruebas de cesión del agua (Figura 39). Cada uno de los recipientes cuenta con un difusor de 10 mm de alto por 22 mm de diámetro. Se colocaron tres muestras de diferente densidad, el primero es barro para macetas sin vidriado, el segundo es cerámica y el tercero espuma de poliuretano para figura.

El objetivo es que los difusores cedieran 1000 ml a lo largo de 24 horas. Se realizaron tres pruebas con diferente concentración de agua en el suelo. Las condiciones fueron las siguientes:

Cedieron			
	Espumado	Barro rojo	Cerámica CIDI
Saturado 1250 ml.	1250 ml.	850 ml.	25 ml.
Seco 1250 ml.	-	875 ml.	0 ml.
Normal 900 ml.	-	175 ml.	0 ml.
Normal 1250 ml.	-	1025 ml.	45 ml.

**Saturado.** El recipiente con espumado (Figura 40) terminó cediendo toda su agua, lo cual indica que no es el material adecuado, ya que aún en un ambiente con alta concentración de agua terminó cediendo toda el agua. Mientras que el recipiente con cerámica menos porosa solo logró ceder 25 ml. lo cual no la descarta en principio por ser un medio húmedo. Finalmente el recipiente con difusor de barro casi logró ceder los mililitros requeridos, además de que no continuó transfiriendo agua después de esa cantidad.

*\*Se descartó para las siguientes pruebas el recipiente con espumado.*

**Seco.** La segunda prueba se realizó con tepetate (Figura 41). Aunque se encontraba completamente seco se obtuvieron resultados muy similares en el recipiente con barro común, cedió más agua, pero no en la cantidad esperada, tan solo transfirió 25 ml. más que en el ambiente saturado en agua. Mientras que el recipiente de cerámica actuó de manera inesperada y no cedió nada. Una conclusión hasta este punto es que más que depender de la cantidad de agua del ambiente dónde se encuentra para ceder el agua, depende de la presión que se ejerce sobre él.

**Normal 1.** En esta ocasión se colocaron 900 ml. en lugar de 1250 ml. para observar su comportamiento con diferente presión. La tierra se encontraba semihúmeda y suelta. En esta ocasión el difusor de barro (Figura 42) cedió 175 ml. quedándose muy por debajo de las mediciones anteriores. Mientras que el difusor de cerámica no cedió nada.

*\*Se realizará nuevamente el experimento con tierra seca en lugar de arena, ya que al parecer el tepetate tapó los poros.*



Figura 40.  
Saturado



Figura 41.  
Seco

Figura 42.  
Normal 1



Figura 43.  
Normal 2



**Normal 2.** La cuarta prueba se realizó con suelo mixto. Debido a los resultados anteriores se retomó la medida inicial de 1250 ml. De la misma manera el suelo se encontraba semihúmedo y suelto. Durante esta prueba el difusor de barro (Figura 43) cedió 1025 ml., obteniendo un resultado más acorde con lo esperado. El difusor de cerámica cedió 45 ml. lo cuál fue mayor a la anterior ocasión.

### Conclusiones

La cantidad de agua que ceden los materiales porosos se ve afectada por la presión que ésta misma ejerce al tener una columna mayor de agua. Sin embargo, se puede ver más afectada por la introducción en un suelo con alto contenido de material arcilloso, como es el caso del tepetate, que además se endurece cuando pierde agua tapando los poros.

Se continuará la experimentación con el barro común por sus características de cesión de agua adecuadas a los requerimientos del cultivo, además de parar de ceder agua cuando el suelo se encuentra saturado, como un excelente mecanismo de autorregulación.

## SISTEMA DE RIEGO

**Objetivo:** encontrar dentro de los materiales cerámicos porosos uno que brindara la cantidad de agua necesaria para el cultivo.



● **Terracota-** muy poroso



**Temperatura de quema:** aproximadamente 800 °C

**Largo:** 20 cm.

Se usaron 4 piezas con la siguiente relación grosor-volumen de agua en el depósito:

Grosor	Volumen
4 mm	600 ml
6 mm	1000 ml
7 mm	600 ml
8 mm	2500 ml



● **Cerámica-** poco poroso



**Temperatura de quema:** 980 °C

**Largo:** 30 cm.

Se usó una pieza con la siguiente relación grosor-volumen de agua en el depósito:

Grosor	Volumen
4 mm	600 ml



● **Cerámica-** Vidriado 3/4



**Temperatura de quema:** 980 °C

**Largo:** 30 cm.

Se usaron 4 piezas con la siguiente relación grosor-volumen de agua en el depósito:

Grosor	Volumen
4 mm	350 ml
5 mm	300 ml*
5 mm	600 ml
5 mm	600 ml

\*No tiene depósito, puede almacenar 300 ml

## Análisis de resultados

La experimentación se llevó a cabo durante el mes de Febrero de 2013. No se percibieron lluvias durante el periodo de experimentación y el suelo donde se aplicó fue mixto. (Anexos2: Sistema de Riego-Difusores)

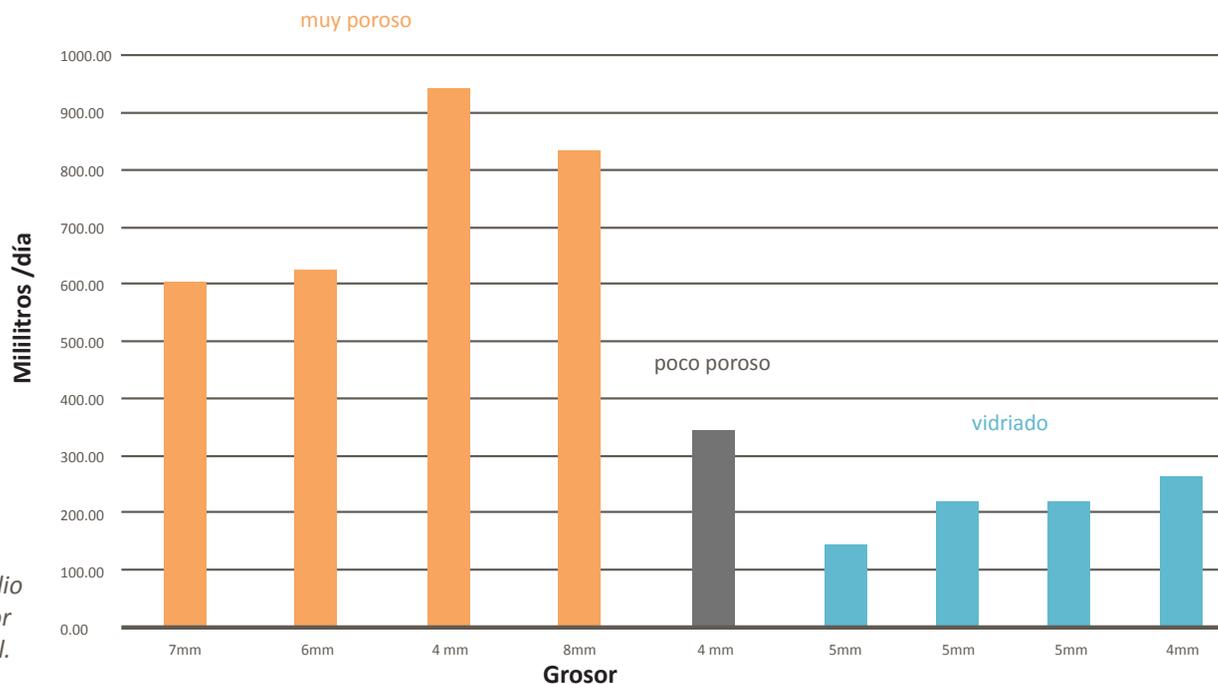


Figura 44. Promedio de agua cedida por los difusores en ml.

El material poroso hecho de terracota a 800 °C fue el que más cedió agua con un mínimo de 550 ml. por día. El material poco poroso de cerámica a 980 °C cedió poco más de 350 ml., mientras que el mismo material pero con una superficie de difusión de 1/4, ya que se encuentra vidriado en la superficie restante, fue el menos efectivo.

El difusor vidriado en la parte superior presenta la ventaja de ceder menos agua para la evaporación.

El difusor de 8 mm de grosor cedió la segunda mayor cantidad de agua, a pesar de su grosor, debido a que sostenía la presión de 2500 ml.

## Conclusiones

Los materiales se comportaron de acuerdo a lo esperado (Figura 44), dónde el material más poroso fue el que más agua cedió, también influyó el grosor del material mostrando que mientras menos espesor de pared más capacidad para ceder el agua. Aunado a esto, la presión que la columna de agua ejerce sobre el difusor también es un factor de la capacidad para ceder el agua. Finalmente en base a esto se eligió el difusor muy poroso de terracota de 4 mm por ser el más cercano a ceder 1 L de agua.

# MODELOS FUNCIONALES



## CAPTADOR

Después de realizadas las pruebas de captación de agua y durante las iteraciones dentro del proceso de diseño. Se determinó que para lograr un equilibrio entre la función y la producción, para minimizar esfuerzo y costos, se haría uso de la malla sombra como superficie de captación. Lo anterior debido a la capacidad comprobada de la malla sombra como captador de neblina y lluvia (Fogquest, 2005), así como su disponibilidad en grandes superficies de venta comercial.

*Figura 45. Captador estructura.*



Figura 46. Superficie de captación saturada.



Figura 47. Salida del agua captada.

**Objetivo:** Probar el principio funcional del captador de agua en estructura de casa de campaña, capacidad de recolección de la malla y capacidad de evacuación de la entrada para canalizar el agua (Figura 45).

### Condiciones

El objeto se probó bajo condiciones controladas de la cantidad de agua alta y baja, aplicandola con una manguera y dispersando las gotas.

Además se mantuvo colocado durante el mes de febrero en un sitio de fuertes corrientes de aire.

### Materiales

Malla sombra 50%- superficie de captación.

Estructura- Tubo de fibra de vidrio para casa de campaña, anclado con alambre de acero.

Tensores- Hilo de polipropileno ajustado al suelo con estacas de alambre de acero.

### Resultados

La estructura de tubo de fibra de vidrio, con tensores de hilo de polipropileno y estacas de alambre de acero, soportó el paso del viento a través de ella. La flexibilidad en sus componente ayudo a que la estructura tenga tolerancia al movimiento ejercido por el viento.

De acuerdo a las observaciones la superficie de captación de malla sombra ofrece una captación más eficiente durante caídas de agua ligeras, ya que al aumentar el tamaño de las gotas éstas caen con más fuerza y no todas logran permanecer en la malla. Sin embargo la captación fue positiva y la inclusión de pestañas en los costados (doblando la malla) ayudo a dirigir la caída del agua hacia la salida (Figura 46).

La salida para el agua captada mostró encontrarse sobrada con respecto a la superficie de captación, además demostró que el agua sigue el camino que se le estableció (Figura 47).

## **Conclusiones**

Se logró comprobar que el principio funcional en las tres variables es válido. Sólo se debe tomar en cuenta que la superficie de captación, debido a sus orificios, no recolecta el 100% del agua que cae, sin embargo esa misma característica le proporciona excelentes capacidades para soportar el paso del viento.

## **DIFUSORES**

Después del proceso de conceptualización, tras determinar que una forma para mantener control sobre el buen estado de los difusores subterráneos era brindarles la posibilidad de mantenerlos en contacto con la superficie. Se determinó que la conexión a la fuente de agua se realizara en la superficie, mientras que el área de difusión se encontrara enterrado a unos centímetros y pudiera ser extraído fácilmente.

**Objetivo:** probar la facilidad con que se podría introducir un difusor si cuenta con una forma que favorezca su entrada al suelo.

Se eligió mantener el giro en sentido a las manecillas del reloj para cubrir el mayor porcentaje de usuarios, que son diestros.

Figura 48. Inserción del difusor para la prueba 1 al suelo con la mano estirada.



Figura 49. Inserción del difusor para la prueba 1 al suelo con dedos encogidos.



Figura 50. Introducción del difusor para prueba 2 al suelo.



## Prueba 1

### Modelo funcional de MDF.

Medidas: 45 cm de largo y 7 cm de diámetro, 37 cm para la parte a ser enterrada.

La altura para este modelo se determinó en base a la profundidad de absorción foliar del aguacate que es de 40 cm. Mientras que su diámetro se encontró en función de la entrada para agua, que en ese momento del diseño estaba pensada para una botella de PET.

Movimiento: como se puede observar la introducción del objeto al suelo se realiza apoyando la palma de la mano para realizar presión hacia abajo (Figura 48), mientras que con los dedos se dirige el objeto para realizar el giro (Figura 49).

Observaciones: el diámetro del objeto es demasiado grande, debe reducirse a un máximo de 6.5 cm para que la empuñadura se realice en una posición más relajada. Funcionalmente el objeto solo logra introducirse hasta 15 cm, se percibe una ligera ayuda brindada por la forma en punta con el bajo relieve helicoidal.

Corregir: diámetro de empuñadura. Largo, ya que no es necesario que llegue muy profundo debido a que el agua continúa su escurrimiento por el suelo. Guías laterales para enterrar más pronunciadas.

## Prueba 2

### Prototipo de cerámica vidriada

Medidas: 30 cm de largo por 6 de diámetro, superficie para enterrar de 28 cm.

Este modelo se redujo en tamaño en base a las observaciones anteriores.

Movimiento: continúa siendo de apoyo en la palma y dirección con los dedos (Figuras 50 y 51).

Observaciones: Logra introducirse 15 cm, la pieza se resbala al girarla, la forma de pija ayuda a su introducción más fácil al suelo.

Mejorar: Disminuir diámetro y largo para que pueda introducirse a mayor profundidad. Agregar textura para mejorar agarre.



Figura 51. Extracción del difusor para la prueba 2 al suelo.

### Prueba 3

#### Prototipo de terracota

Medidas: 25 cm de largo por 5 de diámetro, superficie para enterrar de 20 cm.

Este modelo se redujo en tamaño en base a las observaciones anteriores. Se le agregó textura y una boquilla más marcada.

Movimiento: Puede ser de apoyo en la palma y dirección con los dedos, o con prensa palmar cilíndrica (Figuras 52 y 53).

Observaciones: Logra introducirse 18 cm, reduce la fuerza que puede aplicar al doblar la muñeca cuando usas la textura.

Mejorar: Disminuir el diámetro para poder introducirlo en su totalidad. Retirar la textura y suavizar los bordes de la boquilla para lograr el apoyo.

**Conclusiones:** El difusor con cuerda ayuda a que se pueda introducir más fácil al suelo, mientras más pequeño el diámetro de la parte a enterrar más fácil entra, así usando un diámetro de 7 cm a una profundidad de 15 cm y con un diámetro de 5 cm logró entrar a 18 cm de profundidad. Finalmente un buen apoyo para aplicar fuerza con la palma, semejante a un desatornillador, es importante.



Figura 52. Introducción del difusor para la prueba 3 al suelo.



Figura 53. Introducción del difusor para la prueba 3 al suelo, usando ambas manos.

# ANÁLISIS DE USUARIO



Figura 54. Productor de aguacate en su cultivo.

## ENCUESTA A LOS PRODUCTORES DE AGUACATE

**Objetivo:** conocer el perfil básico del productor (Figura 54) y sus necesidades para mejorar, además del estado actual de los cultivos de aguacate con respecto al riego.

La muestra fue tomada con productores de aguacate de la comunidad de Atlixco, Puebla. El día 25 de enero de 2014. (Datos completos en Anexos 3: Encuesta a Productores)

### Perfil del productor

La edad promedio de 56 años y moda de más de 60 años. Lo que significa que se debe pensar que los usuarios no realicen grandes esfuerzos. Todos tienen la única ocupación de ser campesinos. La mayor parte de los productores terminaron la primaria y la escolaridad promedio es de 7.5 años

## Estado de los cultivos

En promedio se tienen 2.4 Ha por productor para el cultivo de aguacate, se debe poner atención en que el sistema sea costeable para esas dimensiones de terreno. Además en promedio se tienen 311 árboles por Ha, lo que significa que tienen un arreglo de 8 x 8 m en "X" o de 5 x 6 m. Platicando con los productores, el número de árboles por Ha así como la altura a la que permitirán crecer los árboles se encuentra en función del "gusto de cada uno".

Dentro del tema del riego casi 8 de cada 10 productores en esta zona hacen uso del mismo, los que no hacen uso de éste es debido a que no tienen acceso al agua. Ya que la fuente de agua, para la totalidad de los productores que usan riego en esta zona, es agua subterránea; es importante tomar en cuenta que están haciendo uso de un recurso percedero.

Debido a que obtienen el agua de pozos, no requieren un lugar de almacenamiento. Sin embargo algunos hacen uso de tanques. La mitad de los que usan riego lo usan todo el año, mientras que la otra mitad sólo lo aplican durante la temporada de secas.

Para suministrar el agua más de la mitad de las personas que cuentan con sistema de riego hacen uso del goteo, mientras que la otra parte simplemente hace riego superficial por rodada. El precio del sistema de goteo se mantuvo constante en los \$40, 000.00 por Ha, mientras que el sistema por rodada solo implica el costo del agua usada de unos \$500.00 al mes.

La necesidades de cada sistema varían, pero en conjunto se requieren de bomba, difusores, manguera y filtros. Además una forma de energía para impulsar el bombeo que pueden ser la electricidad provista por el gobierno o gasolina. Todos los productores hacen uso de fertilizantes, sin embargo menos de la mitad esta aprovechando su sistema de riego para la **fertirrigación**.

## Áreas de oportunidad

Deficiencias que los productores encontraron en su sistema de riego por orden de importancia: el mantenimiento del sistema es la mayor deficiencia, seguida por el costo, consumo alto de agua, la necesidad de capacitación y que se requiere de buena disponibilidad de agua.

La falta de aplicación de riego, de acuerdo a los productores, afecta principalmente el rendimiento de la cosecha, la calidad de fruto. Además propicia la caída del fruto y favorece la aparición de plagas y enfermedades.

Finalmente todos los productores aseguraron encontrarse preocupados por la conservación de su ambiente, sin embargo no todos están consientes de lo que es y no es dañino para éste.

**Fertirrigación**- Fertilizar mediante el riego.

## INDICADORES ANTROPOMÉTRICOS

El sistema de riego y captación de agua se encuentra en contacto con el usuario principalmente para su instalación y mantenimiento.

El sistema de riego tendrá interacción con el usuario durante la instalación, operación y mantenimiento. Se tomarán en cuenta las siguientes medidas antropométricas dentro de la población mexicana para personas mayores a 19 años de ambos sexos (46):

Sexo: ambos

Edad: 19-60

Peso: 41-121

M1- diámetro de la empuñadura- Percentiles: 5- 72mm/ 50- 88mm/ 95- 104mm

M2- ancho de la mano sin pulgar- Percentiles: 5- 70mm/ 50- 82mm/ 95- 94mm

E4- altura al codo- Percentiles: 5- 931mm/ 50- 1042mm/ 95- 1135mm

El sistema de captación tendrá interacción con el usuario en la instalación y mantenimiento. Se tomarán en cuenta las siguientes medidas antropométricas dentro de la población mexicana para personas mayores a 19 años de ambos sexos (46):

Sexo: ambos

Edad: 19-60

Peso: 41-121

E9- altura funcional de asiento- Percentiles: 5- 1452mm/ 50- 1609mm/ 95- 1766mm

E4- altura al codo- Percentiles: 5- 931mm/ 50- 1042mm/ 95- 1135mm

M1- diámetro de la empuñadura- Percentiles: 5- 72mm/ 50- 88mm/ 95- 104mm

## ASPECTOS BIOLÓGICOS CONTENEDOR

El trabajador determina y regula completamente su actividad física, sin tener que mantener un ritmo establecido durante el día; sin embargo implica movimientos frecuentes repetitivos.

El llenado del contenedor se puede hacer por medio de manguera o con una cubeta.

## **Manguera:**

- I. Actividad física general- La exigencia cardiorrespiratoria es ligera, se debe caminar y sostener la manguera en su sitio. No requiere de aplicar una gran fuerza muscular. El empuñar la manguera es predominantemente estático. Requiere una posición fija de pie.
- II. La manipulación manual de cargas (MMC)- es mínima.
- III. Diseño del lugar o del espacio de trabajo- No aplica. El trabajo se realiza en el campo.
- IV. Postura de trabajo- El trabajo permite una postura relajada.

Sugerencias- La mayor exigencia se encuentra en mantenerse en posición de pie durante todo el proceso sosteniendo la manguera, se debe tener un lugar de apoyo para la manguera mientras se llena el depósito.

## **Cubeta:**

- I. Actividad física general- La exigencia cardiorrespiratoria es pesada, se debe transportar la cubeta llena de ida y levantarla sobre la altura del codo para vaciarla. El trabajo exige una gran fuerza muscular para transportar la carga. El trabajo se realiza en forma dinámica, pero es repetitivo.
- II. La manipulación manual de cargas (MMC)- Requiere de una MMC alta y constante. Se requiere de bajar, levantar, transportar, levantar más alto. El peso de la carga es de 10-20 kg. La distancia a recorrer puede ir de los 10 a los 100 m dependiendo de la ubicación del lugar de almacenaje. La altura a la que se sujeta la carga es al nivel de la rodilla.
- III. Diseño del lugar o del espacio de trabajo- No aplica. El trabajo se realiza en el campo.
- IV. Postura de trabajo- El trabajo no permite una postura relajada. Se realiza con los brazos separados del cuerpo, pero no por encima del hombro. Demanda de mucha fuerza. La espala se encuentra recta.

Sugerencia- la tapa del depósito se debe poder abrir muy fácilmente. La entrada para el agua debe ser amplia o en embudo para facilitar y agilizar la descarga. El usuario debería llevar una carga de igual peso en cada brazo para evitar el movimiento asimétrico del cuerpo y preferir cubetas de asa ancha.

## ASPECTOS BIOLÓGICOS CAPTADOR

El trabajador determina y regula completamente su actividad física, sin tener que mantener un ritmo establecido durante el día; los movimientos serán realizados de forma aislada.

I. Actividad física general- La exigencia cardiorrespiratoria es moderada, se debe estirar los brazos y aplicar fuerza para el desmonte de la malla. Requiere de aplicar fuerza muscular ligera. Movimientos predominantemente dinámicos.

II. La manipulación manual de cargas (MMC)- se encuentra dentro de lo recomendado. Se requiere de levantar, transportar y tensionar la estructura. El peso de la carga es de alrededor de 20 kg. El trabajo se dividirá entre dos personas cuando menos. La distancia a recorrer es mínima, ya que se ensamblará en sitio. La altura a la que se sujeta la carga es al nivel del tobillo. El trabajo se realiza de forma dinámica, se realizan pocas repeticiones.

III. Diseño del lugar o del espacio de trabajo- No aplica. El trabajo se realiza en el campo.

IV. Postura de trabajo- El trabajo no permite una postura relajada. No se mantiene una sola postura, pero la mayor parte del tiempo necesitarán mantener los brazos levantados por encima del hombro, el periodo de descanso es prolongado. Demanda de fuerza moderada. La espalda se encuentra recta.

Sugerencias- Uso de materiales ligeros para disminuir el estrés durante el trabajo. Realización de pocos pasos para el desmonte.

## TRABAJO MUSCULAR

Trabajo muscular dinámico pesado, encontrado en la agricultura y la construcción. La sobrecarga muscular produce fatiga, esto se puede prevenir con herramientas o métodos de trabajo. La forma más rápida de evitarla es por medio de flexibilidad en el horario de trabajo, con pausas acordes a la carga de trabajo (Smolander, Louhevaara, 2000)

## POSTURA EN EL TRABAJO

Es la forma en que el tronco cabeza y extremidades se organizan. En su naturaleza influyen la relación temporal y su coste fisiológico para la persona. Se deben evitar, por ejemplo, posturas con las

manos demasiado elevadas o con la cintura doblada. Evitar articulaciones estiradas de forma incómoda o posturas asimétricas.

## DIÁMETRO IDÓNEO DE LOS MANGOS DE LAS HERRAMIENTAS

Para ejercer torsión el diámetro óptimo es de 50 a 65 mm. Para atornillar se gira en el sentido de las agujas del reloj, debido a que la mayoría de las personas son diestras, donde sus músculos son mayores y más fuertes; el ángulo del codo se debe acercar a los 90°.

En los agarres de fuerza aplicados a un objeto más o menos cilíndrico, los dedos deberán rodear más de la mitad de la circunferencia, pero los dedos y el pulgar no deben llegar a unirse. Los diámetros recomendados van desde 25 mm hasta 85 mm. El tamaño óptimo, que varía según el tamaño de la mano, está entre 55 y 65 mm para los hombres y entre 50 y 60 mm para las mujeres. Las personas con manos pequeñas no deben realizar tareas repetitivas que impliquen agarres de fuerza con mangos de diámetro superior a 60 mm.

## LÍMITE DE PESO RECOMENDADO

De acuerdo con el NIOSH de Estados Unidos (1993) el límite de carga es de 23 kg.<sup>47</sup>

Dependiendo de la altura y distancia del cuerpo donde se levante la carga es el peso máximo (Figura 55). En este caso se ocupará la posición pegada al cuerpo con altura en el codo.

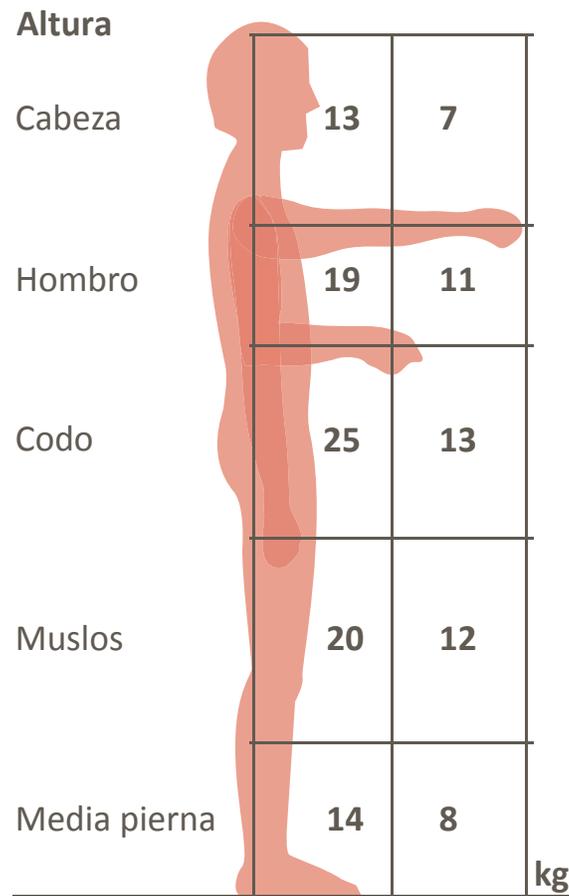


Figura 55. Peso teórico recomendado en función de la zona de manipulación.

47. OIT. 2012

4

El agua se almacena durante la temporada de lluvias

**ALMACENAJE**  
Mín 70,000 L/Ha

Olla de almacenamiento, cisterna, pozo

3

El agua captada se canaliza de la superficie al depósito principal

5

Durante la temporada de secas se redistribuye a los depósitos del sistema de riego

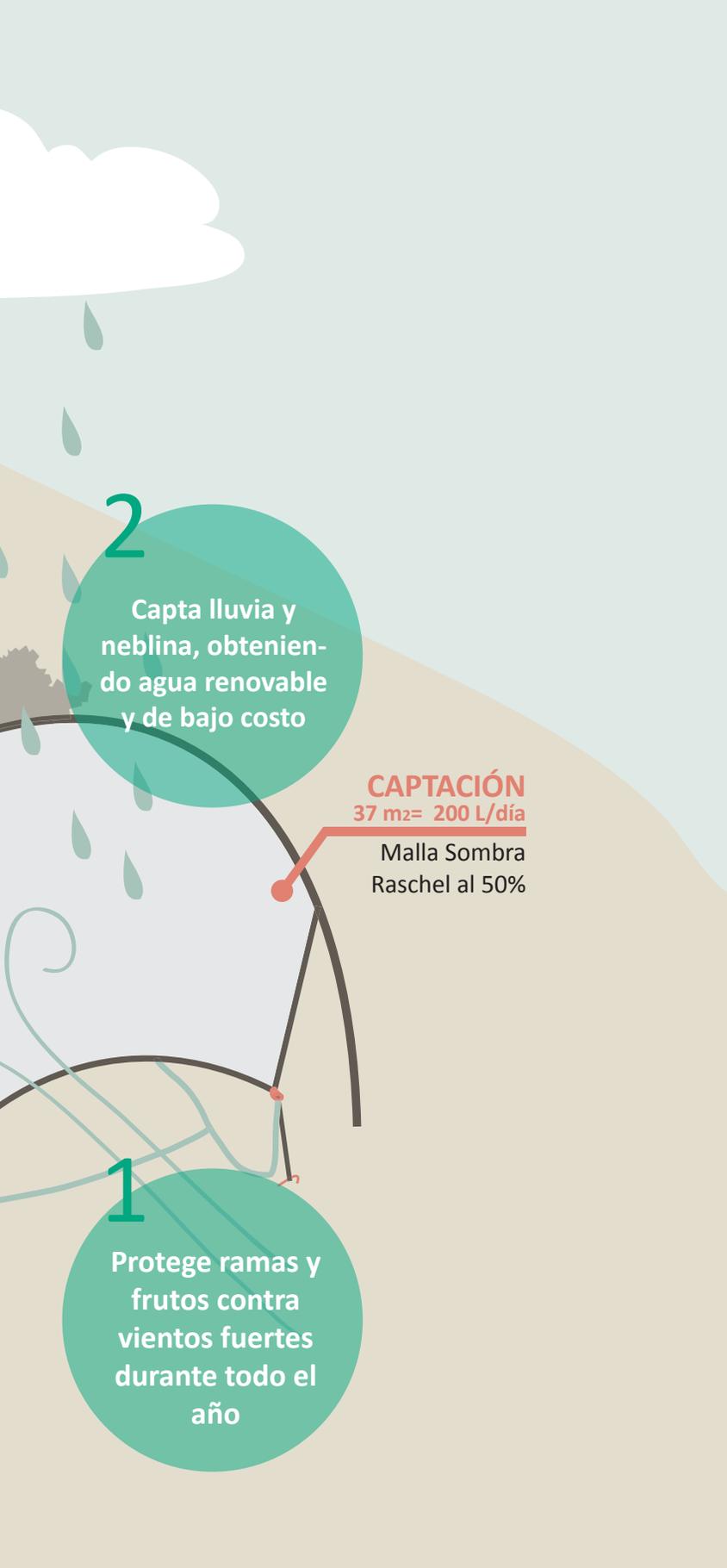
**RIEGO**  
30 L/semana

Contenedor de 100 L

6

El sistema de riego otorga el agua necesaria para el árbol de forma pasiva, evitando erosión y aprovechando el recurso

# SISTEMA DE CAPTACIÓN DE AGUA Y RIEGO



## ALMACENAJE

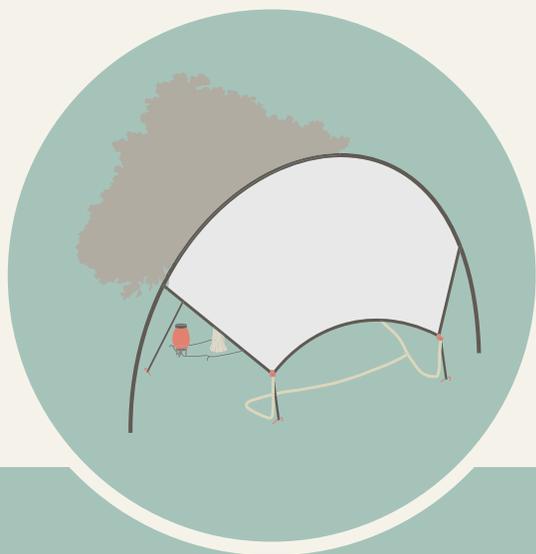
100L c/u

Llenado aprox. cada 3 semanas



# VENTAJAS

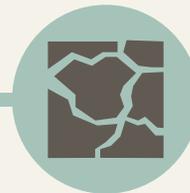
## sistema completo



Uso eficiente del recurso



Obtienes agua del ambiente



Cuidado del suelo



## unidades

## FLEXIBLE



## podría ayudar

+ AUMENTAR producción



+ LOGRAR cosecha



+ EVITAR pérdida del cultivo



SEGURIDAD  
ECONÓMICA



SATISFACCIÓN  
DE VIDA

### Especialmente para

- Cultivos pequeños
- Sin fuente de agua
- Sistema de riego inicial

- Huertas familiares/urbanas
- Precio directamente proporcional a las unidades adquiridas

### REPLICAR

De acuerdo a las necesidades de cada usuario

### CRECE

Conforme crece el cultivo o se tiene la posibilidad de acceder a más

### AUTOSUFICIENTE

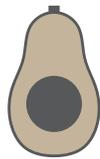
No requiere fuentes de energía externa

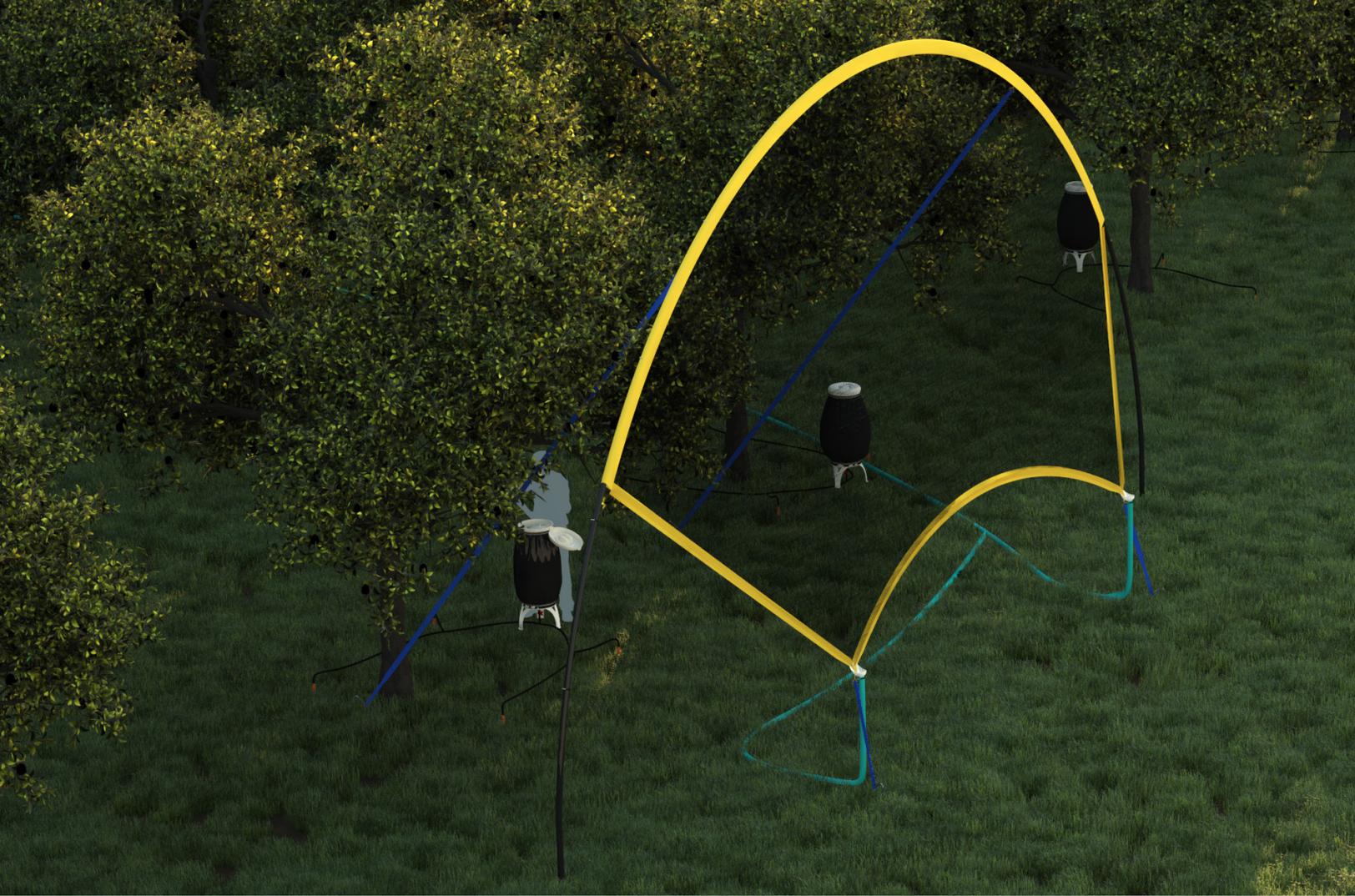
### REPARABLE

Las partes propensas a dañarse por el uso se encuentran de manera comercial



COMPATIBLE





## ● Memoria Descriptiva

## SISTEMA DE CAPTACIÓN Y RIEGO PARA LA PROTECCIÓN Y/O AUMENTO DE PRODUCTIVIDAD DE LOS CULTIVOS DÓNDE NO SE TIENE ACCESO AL AGUA

Protege durante eventos climáticos como las sequías y ayuda a disminuir el impacto ambiental por el uso inapropiado del agua para riego. Conjuntando ambos requerimientos en un solo proyecto resuelve la necesidad de obtener agua y usarla de una forma racional, aprovechando el recurso que tanto cuesta adquirir.

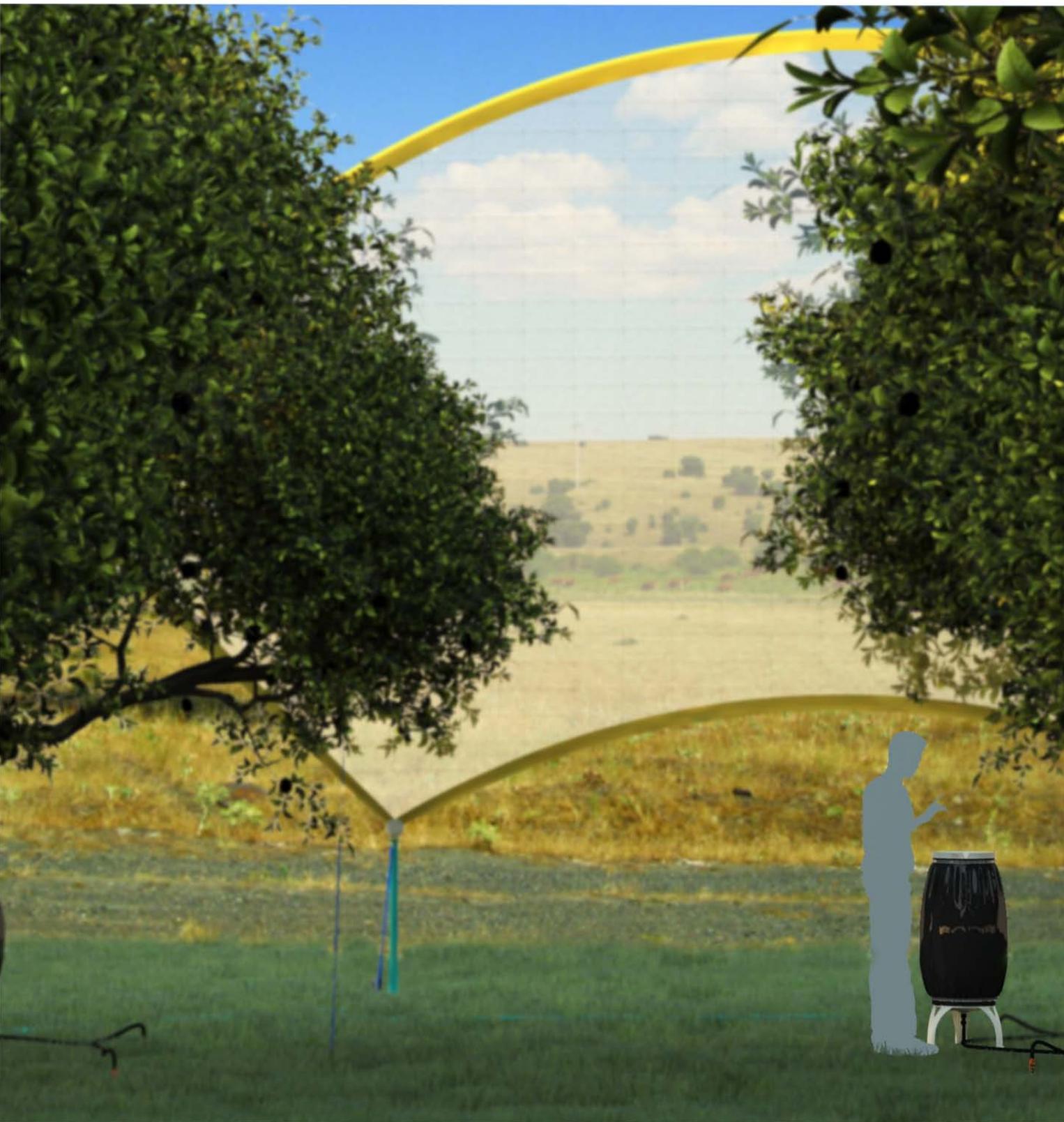
La recolección de lluvia se presenta como la única oportunidad de obtener agua para muchos productores en todo el país. El agua obtenida de la lluvia es un recurso renovable, su captación disminuye la erosión que ésta causa en los suelos cuando se forman grandes caudales, además impide la contaminación y agotamiento de los mantos acuíferos.

El recolector de agua de malla sombra permite la recolección de agua de lluvia y neblina, además de brindar protección a los cultivos de vientos que pudieran dañarlos. Éste brinda la flexibilidad de poder instalarse en el lugar de más vientos o llegada de neblina del terreno, sin comprometer su capacidad para captar y canalizar el agua. Conjuntamente es una estructura ligera que da al usuario la posibilidad de manipularlo fácilmente.

Los sistemas de riego actuales ofrecen una amplia variedad de posibilidades, sin embargo muchos de estos se encuentran fuera del alcance económico de una gran parte de los usuarios, sin permitirle la flexibilidad de hacer una primera inversión más adecuada a sus condiciones.

El sistema de riego por medio de membrana cerámica permite la posibilidad de trabajar sin la necesidad de sistemas de bombeo, cuidando el recurso hídrico y el suelo. Este sistema de riego por unidades da la posibilidad de ser usado en huertos familiares o cultivos pequeños, además de poder colocarse en casi cualquier clase de terreno sin preocuparse por diferencias de presión en sistema debido a la altura.

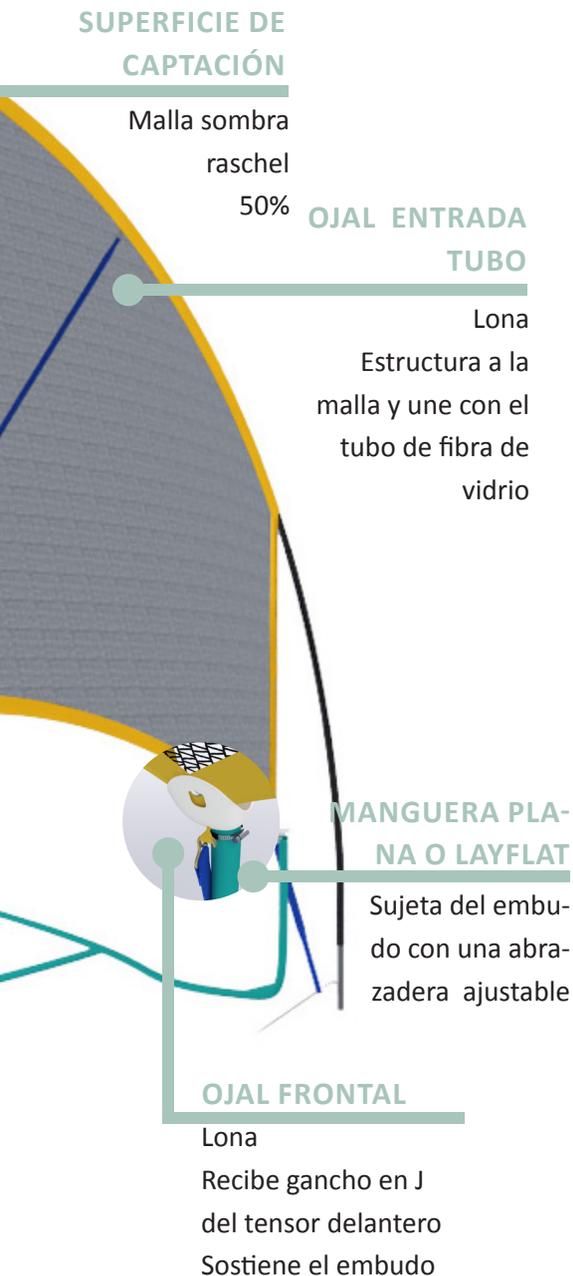






# FUNCIÓN

## APROVECHANDO EL AGUA



### CAPTACIÓN

La forma en que funciona la malla raschel para la recolección de agua es por medio de la diferencia de temperaturas. Donde una superficie de menor tamaño, en este caso la malla, disipa el calor fácilmente permitiendo que el agua se condense en su superficie.

El agua se aglutina al hilo de la malla por adhesión siguiendo el camino en ángulo hecho por la forma del tejido. Por la acción de la gravedad se dirige hacia la parte inferior del captador.

El agua obtenida tiende a dirigirse a la periferia de la malla, es por dicha razón que ésta cuenta con una pestaña de lona que ayudará a encauzar el agua hacia la salida a la tubería. La lona es un material impermeable, que además de guiar la caída del agua, ofrece estructura a la malla evitando la rotura común de las esquinas donde se sostiene. Esta pestaña de la periferia se unirá a la malla por medio de costura y tendrá un remache en las dos puntas inferiores.

La malla cuenta con una forma que termina en dos puntas más bajas que el resto, favoreciendo a la acumulación del agua en estos puntos para poder canalizarla. El agua bajará por adhesión siguiendo el ojal de la lona, para evitar que el agua siga su camino por el tensor se le coloca un tope por donde pasará el ojal antes de llegar a la unión con el tensor.

Uno de los principales competidores para la captación son las ollas de captación. Sin embargo, debido a que es altamente recomendable colocarlas en la parte más alta del terreno para que se aproveche la presión que da la altura, no se podrán beneficiar con los escurrimientos del terreno, esto aunado a que no todos los terrenos son aptos para dicho propósito. A diferencia de la malla que puede ser colocada en el sitio que más convenga, preferentemente por donde llegan los vientos más fuertes o la neblina.

Para obtener la cantidad mínima de agua para la aplicación de riego durante el periodo de secas, que por Ha es de 70, 000 L, se requerirán la colocación de 5 captadores si son la única forma de recopilación. (Figura 56)

### Protección de vientos

La malla raschell será al 50% ya que es la más eficaz como tejido cortavientos, evitando crear corrientes de regreso por evitar el paso fluido del aire. Retiene el 45% del paso del viento con una resistencia de 4 kgf/cm, pudiendo soportar vientos de hasta 150 km/hr como lo son los huracanes categoría 1. 48

Este tejido usado como cortavientos, protege de heladas y daños fisiológicos, impidiendo el exceso de transpiración, evaporación y erosión del suelo. Además se puede colocar a un lado del árbol, ya que a diferencia de las cortinas rompevientos agrícolas (*El aguacate: Consideraciones para el cultivo*), no ofrece competencia con el cultivo o entrecruzamiento de ramas. Sin embargo, de ser posible, es recomendable usarlo en combinación con la cortina formada por árboles por sus beneficios ecológicos. 49

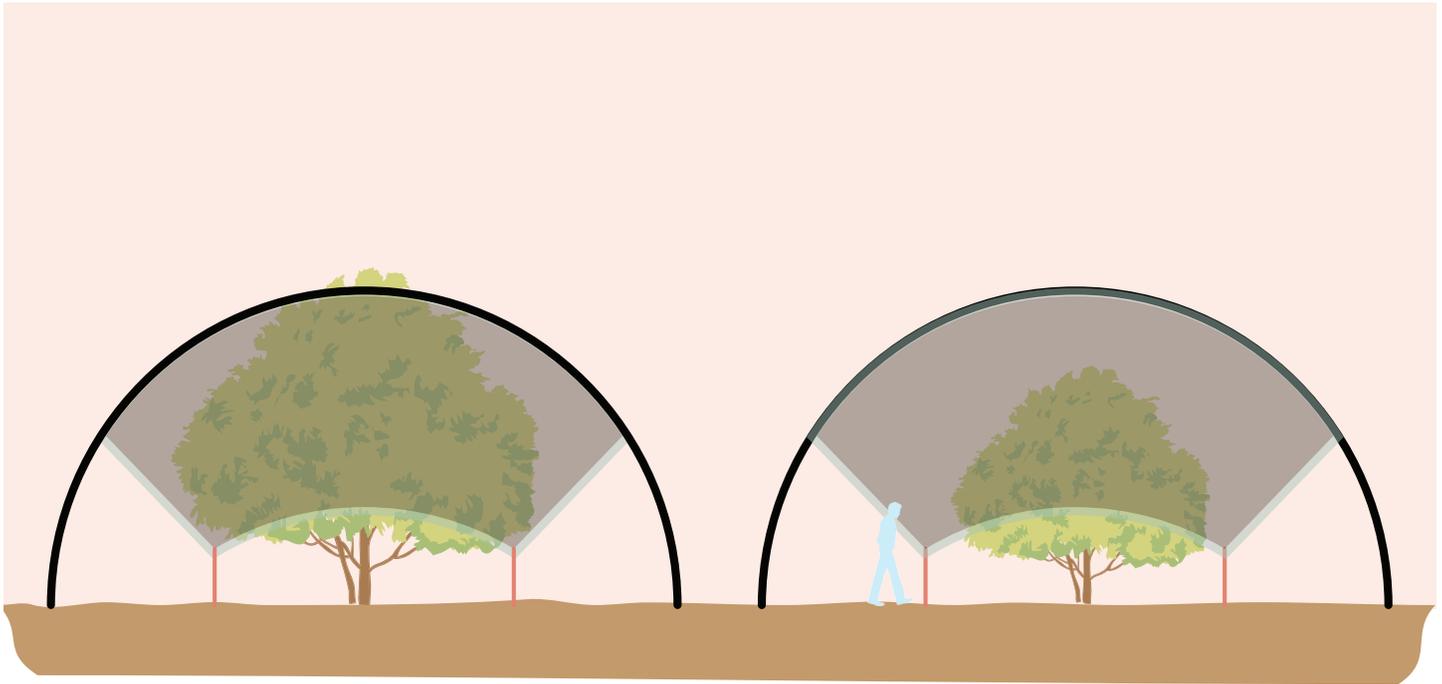
Figura 56. Vista panorámica del arreglo del sistema.

La altura recomendada de los árboles para facilitar su cosecha es de no más de 5 m, sin embargo pueden llegar a los 10 m de altura. Entonces se determinó la altura de la estructura para proteger



48. AgroHari.

49. CuencaRural. 2011



del viento en 6 m (Figura 57), que es el área donde se encuentran los frutos que no se desea que caigan con un fuerte viento.

La elasticidad de los componentes de la estructura, tanto en el tubo principal como en los tensores, le permite a la estructura soportar el movimiento causado por el aire sin llegar a la rotura.

### Canalización

Se realiza por medio de un embudo que cuenta con un diámetro de 10 cm y dirige el caudal hacia una salida para la unión con un tubo flexible de 2”.

Para canalizar el agua recolectada hacia el depósito correspondiente se tienen dos embudos en las dos puntas más bajas de la malla. La entrada al embudo es de 10 cm con una forma cóncava que lleva a una salida para tubería de 2” que soporta un caudal de más de .620 L/s.

*Figura 57. Malla de 6 m de altura con árboles de 4 y 6 m, protege la copa del árbol donde se encuentran los frutos.*

## Determinación del área del tubo

Si se tiene una lluvia intensa tropical de 2 mm/min, p/e: huracán Pauline.

Para los 37 m<sup>2</sup> de superficie serían 1.23 L/s y para cada salida en embudo de .616 L/s o 0.00062 m<sup>3</sup>/s.

Dada la fórmula  $Q(\text{caudal en m}^3/\text{s})=v(\text{velocidad m/s})\cdot A(\text{área en m}^2)$

Despejamos el área

$$A = (0.00062 \text{ m}^3/\text{s}) / (1 \text{ m/s}) = 0.00062 \text{ m}^2 = 6.2 \text{ cm}^2$$

Entonces se necesita un diámetro de salida de 2.8 cm o 1.1"

**La medida final se eligió de 2" en base a la estandarización de las mangueras, además de aportar mayor seguridad.**

La forma en que el embudo recopila el agua obtenida por la malla es aprovechando la tendencia del agua a continuar su camino unida a una superficie por sus propiedades de adhesión. Es así como en su camino por el ojal de la lona topará con el embudo, que cuenta con un empaque para evitar fugas, dónde por su forma cóncava dirigirá el agua hacia la salida para el tubo.

El embudo que sostiene la manguera para canalizar el agua se sostiene en la estructura gracias al orificio por donde pasa el ojal de la lona y a un seguro de presión que se sujeta del remache de la lona con la malla. (Figura 58)

El tubo que dirigirá el agua al depósito se recomienda de manguera plana o layflat de 3" con hasta 91.44 metros de longitud. Éste se puede unir fácilmente al embudo con abrazaderas de acero inoxidable. Sus ventajas para canalizar el agua son su flexibilidad y resistencia, gracias a la primera el objeto soporta la rotura por un golpe, a diferencia del PVC, es más fácil compactarla para guardar y cambiar de posición. Tiene resistencia contra agentes corrosivos y protección UV. 50

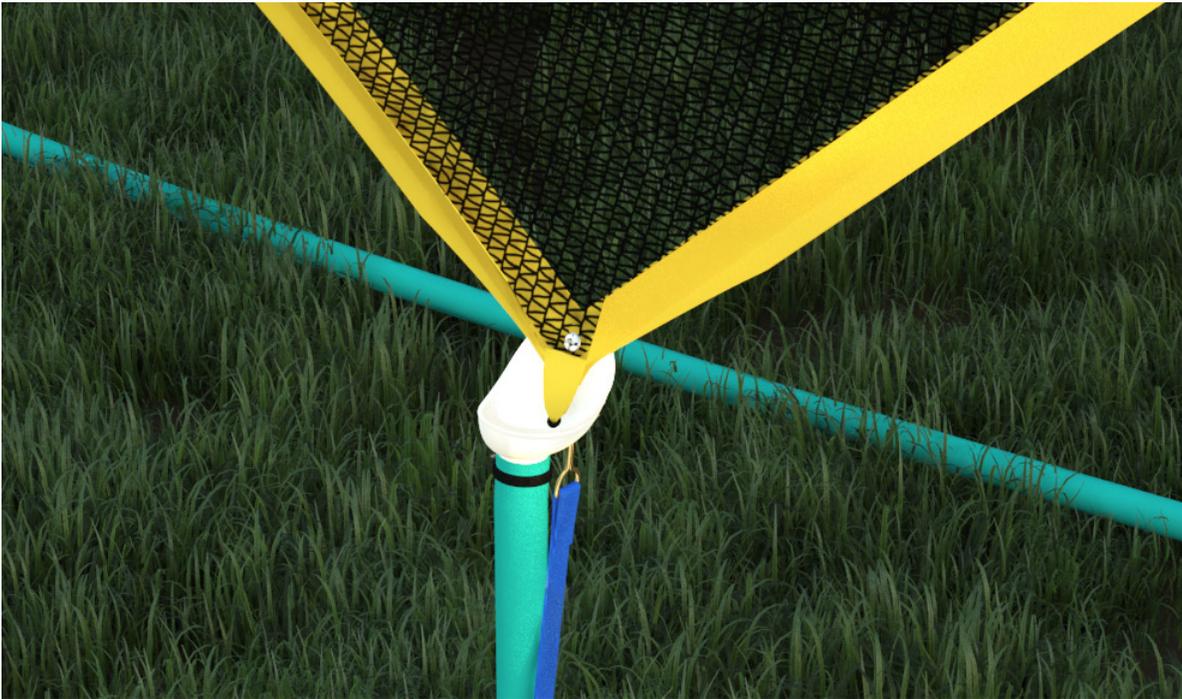


Figura 58. Unión del embudo con la malla y manguera para canalizar.

## Almacenaje

El agua canalizada se dirigirá hasta el depósito correspondiente que podrá estar hasta 1.5 m por encima del nivel del suelo del captador. Pudiendo recopilar en ollas de almacenaje (Figura 59), cisternas, pozos, tinacos o cualquier método del que se disponga, incluyendo los contenedores para el sistema de riego con capacidad de 10, 000 L/Ha.

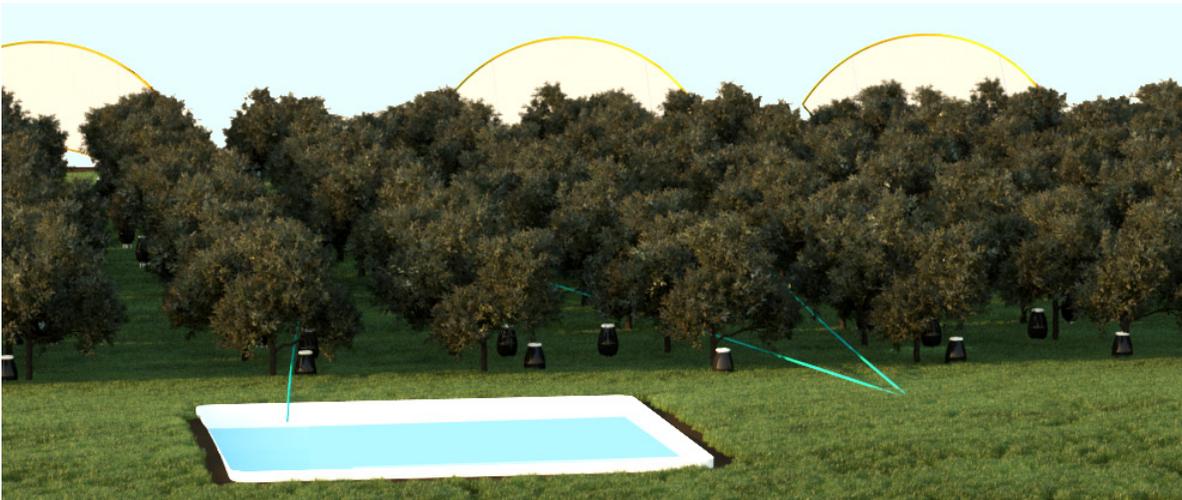
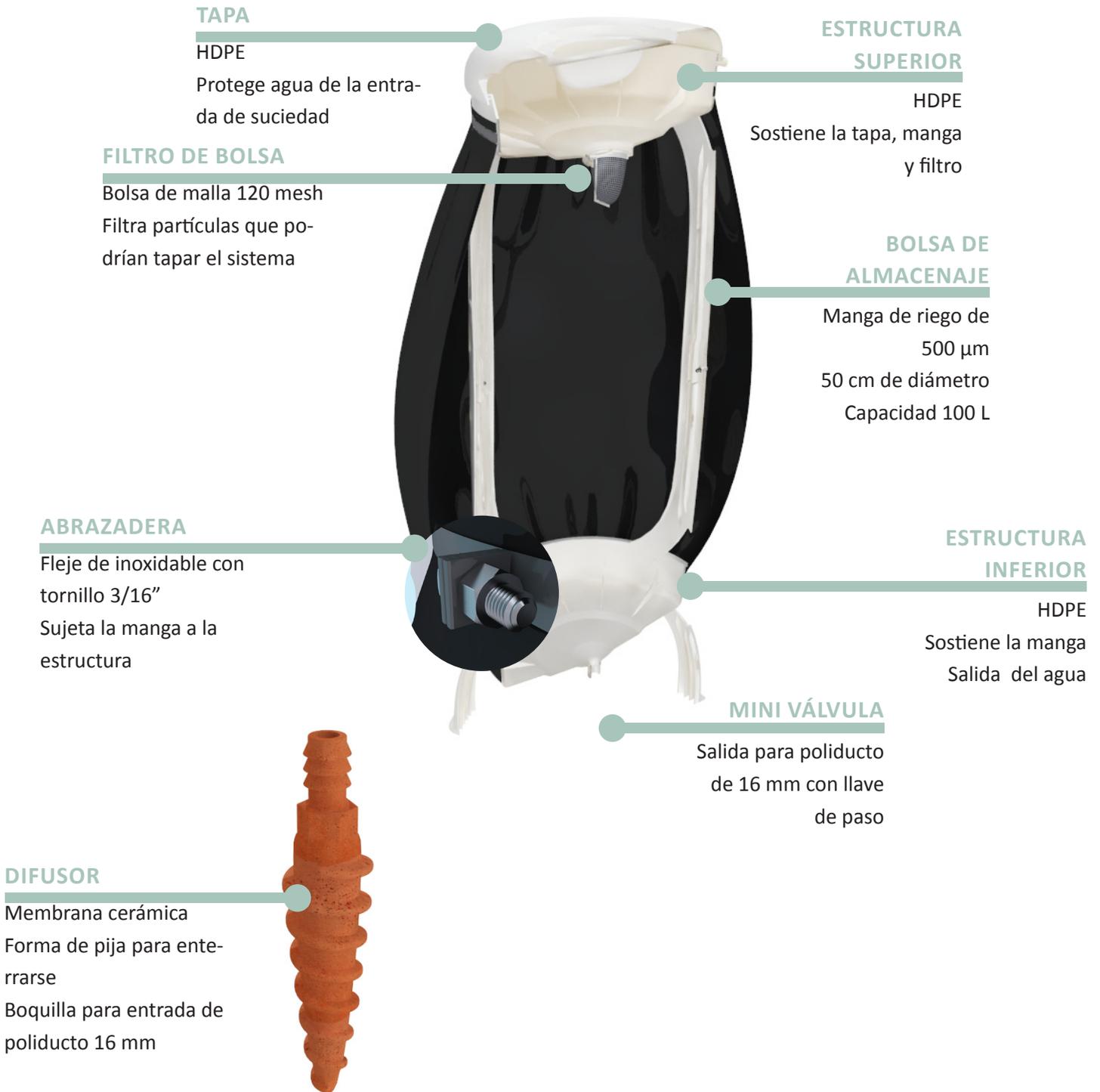


Figura 59. Terreno con olla de almacenaje.

## PARTES DEL CONTENEDOR Y DIFUSOR



## DISTRIBUCIÓN

### Difusión del agua

Para lograr el aprovechamiento del agua recolectada, de forma que el usuario promedio con escolaridad de primaria pueda usarlo, sin la necesidad de invertir una gran cantidad de dinero al inicio o de contar con sistemas de bombeo y electricidad, se usará un sistema de riego por exudación de cerámica.

(Figura 60)

El árbol de aguacate requiere de un mínimo de 30 L semanales por árbol, esto puede significar la sobrevivencia del cultivo y hasta la diferencia entre rendimientos de menos de 6 toneladas por hectárea a más de 10.

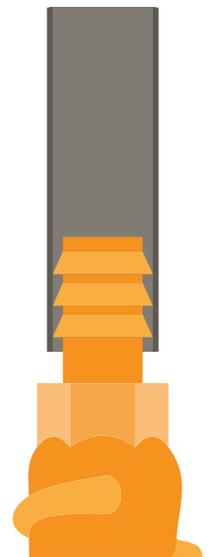
Es por eso que cada difusor de membrana cerámica calibrada funciona para brindar al árbol la cantidad determinada de 1.2 L al día. La membrana cerámica de Likuid tiene poro que va de 1-800 nm, con resistencia al PH de 0-14 y bajo potencial de ensuciamiento. Además la fertirrigación es posible debido a que las sales usadas para este propósito tienen disolubilidad del 100%.<sup>51</sup>

Cada árbol usará 3 o 4 difusores, para mantener el agua distribuida alrededor de la planta, dependiendo de sus requerimientos de agua, en función de su edad y productividad. Los difusores cuentan con una forma semejante a la de una pija, con un relieve helicoidal a lo largo del cuerpo para facilitar su entrada al suelo. La boquilla de entrada para el agua cuenta con relieve para la colocación del poliducto de 16 mm directamente sin necesidad de abrazaderas u otro medio de sujeción. (Figura 61)



Figura 60. Difusores sin enterrar conectados al poliducto.

Figura 61. Sujeción del poliducto al difusor



51. Likuid. 2014.

El tamaño de los difusores se determinó tomando en cuenta que las raíces de absorción del árbol de aguacate se encuentran desde la superficie del suelo, llegando incluso a salir, hasta 40 cm de profundidad (*Antecedentes: Aguacate*). Entonces el difusor se entierra a la profundidad requerida por el tipo de suelo para uno arenoso será de 10 cm para que no se pierda el agua por infiltración sobrepasando el nivel de las raíces de absorción, mientras que en uno franco puede llegar a los 20 cm. (*Figura 62*)

Se ofrecen dos opciones para la membrana cerámica dependiendo de las necesidades del usuario, la primera es con la mitad del cuerpo esmaltada para mantener la irrigación subterránea y evitar la evaporación. La segunda dejará el cuerpo completo sin esmalte, a excepción de la boquilla donde se conecta el poliducto, esto para lograr la creación de un microambiente de humedad alrededor del árbol que ayuda al control de plagas. Sin embargo la decisión de cuál opción usar, dependerá del usuario y las condiciones de su plantación.

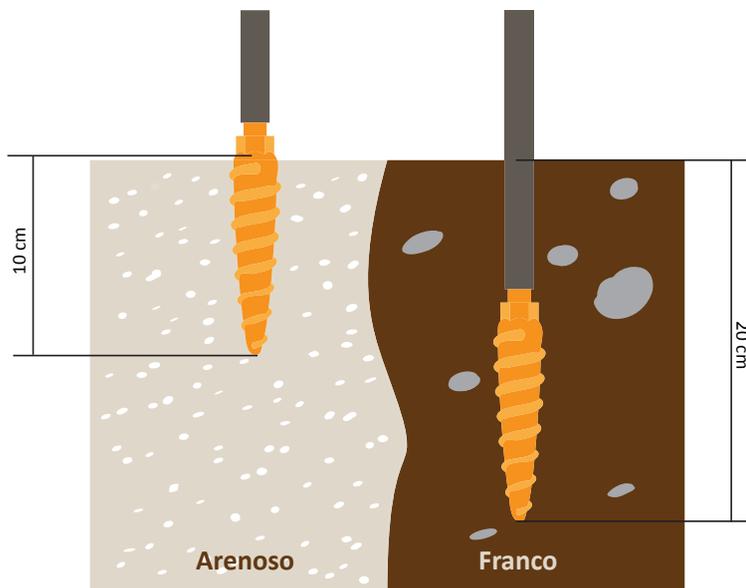


Figura 62.  
Profundidad  
dependiendo  
del suelo

### Contenedor individual

Para mantener un flujo constante del agua hacia los difusores sin necesidad de bombeo, el agua recolectada se depositará en contenedores de 100 L (*Anexos 6: Informe análisis de tensión*) que se podrán rellenar cada 3 semanas o menos dependiendo la disponibilidad del agua y necesidades del árbol.

El contenedor de Polietileno de Alta Densidad (HDPE) se encuentra elevado a 7 cm del suelo hasta la salida para la manguera, permitiendo que el agua siempre tenga la presión suficiente para llegar al

difusor (*Figura 63*). El poliducto a usar para lograr la conexión entre el contenedor y el difusor, será de Polietileno de Baja Densidad (LDPE) con diámetro exterior de 16 mm y un grosor de 1 mm.

La estructura del contenedor se encuentra hecho de dos piezas de HDPE inyectado, que pueden ser separadas. Mientras que el área de almacenamiento se logra con una manga de riego, así como



*Figura 63. Separación del suelo.*

ayuda a disminuir los costos del depósito, da una referencia visual para el usuario de la cantidad de agua con que cuenta el almacén.

Para llenar el contenedor el usuario puede hacer uso de manguera o cubeta. Cualquiera de los dos casos pueden encontrarse en uso dentro del cultivo; sin embargo contar con los difusores ayuda a evitar el desperdicio y los problemas que éste acarrea, como la contaminación innecesaria de agua y el barrido de nutrientes del suelo.

Si se desea llenar el depósito con cubeta simplemente se debe abrir la tapa que cuenta con un asa amplia, para encontrar la entrada al agua con un diámetro de 30 cm en embudo que facilita el llenado sin requerir precisión (*Figura 64*). En el caso de contar con un sistema de riego con manguera el depósito cerrado cuenta con un acceso, aún cerrada la tapa. La entrada para la manguera, regularmente de 1", se encuentra hecha en cuña para que pueda atorar y dejarla ahí mientras se llena el depósito.



Figura 64. Llenado con manguera y cubeta.

En la salida del embudo de la parte superior se encuentra un filtro de malla en bolsa a 120 mesh. Este tipo de filtro detiene el paso de las partículas que podrían taponar cualquier sistema de riego, evitando el paso de fertilizante no disuelto y algunas impurezas del agua. La bolsa se encuentra unida a un bastidor de inyección que se ajusta a la parte superior de la estructura, éste bastidor permite que el filtro pueda ser retirado y limpiado en caso de taponamiento. (Figura 65) 52

La tapa del depósito se encuentra unida a la parte superior de la estructura por medio de una bisagra. Ésta impide la entrada de suciedad del ambiente al agua y su evaporación.

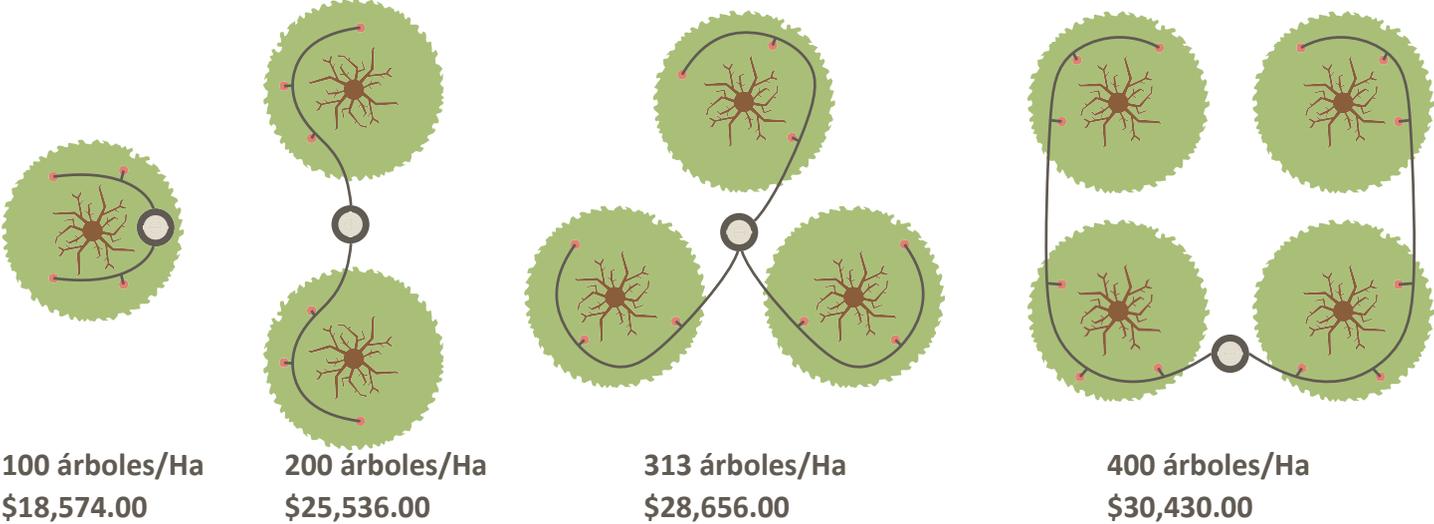
El depósito es desarmable para poder ser fácilmente transportado, guardado en el periodo en el que no se aplica el riego, realizar limpieza y cambiar partes. Aunque puede ser almacenado mientras caen las lluvias, existe la posibilidad de acumular 10, 000 L de agua en ellos, para una hectárea con 100 contenedores.

Estas unidades de riego, contenedor más el difusor, le permiten al usuario decidir la manera de implementarlas dentro de su cultivo. Para lo cual se sugieren las siguientes formas de acomodo de acuerdo a la cantidad de árboles por Ha.



Figura 65. Apertura de la tapa y detalle del filtro

Acomodo del sistema de riego en función al número de árboles por Ha, con precio por implantar dicho sistema en cada uno de los casos (Anexos 4: Costos de implantar el sistema)



## SISTEMA DE CAPTACIÓN

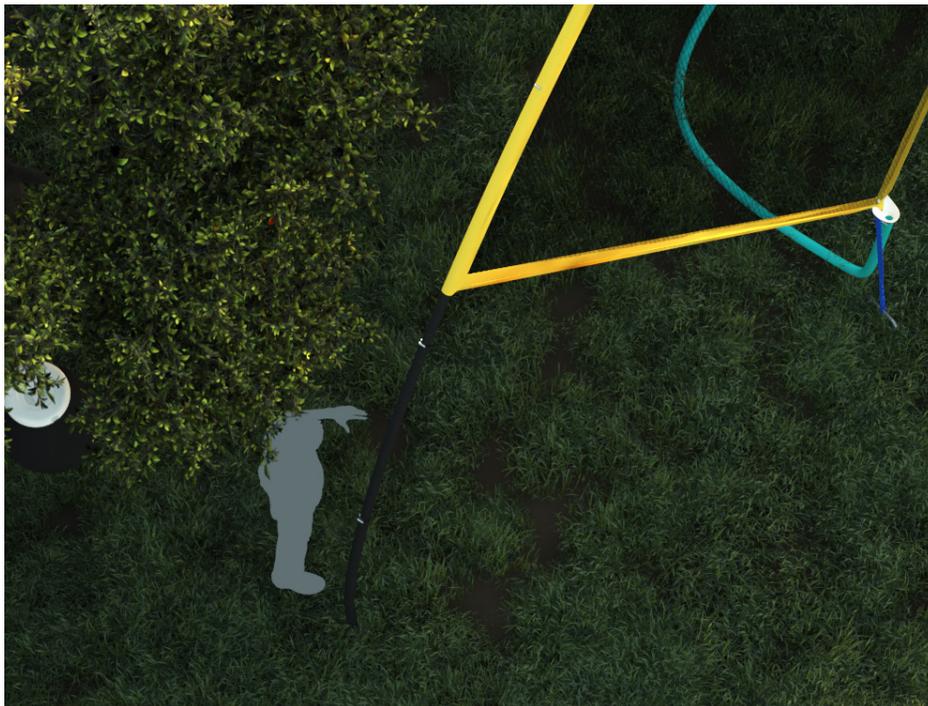
### Instalación

La estructura para sostener la malla será de tubo telescópico de fibra de vidrio negro con protección UV (*Anexos 5: Catálogo de piezas comerciales*), reforzado en multicapa para resistir vientos de 120 km/h y diámetro de 55-28 mm. La estructura de fibra de vidrio es flexible y ligera (alrededor de 15 kg), se unirá por medio de abrazaderas ajustables de acero inoxidable.

Los 12 segmentos se unirán para formar un tubo de casi 19 m de largo, 1.8 m longitud de transporte. La periferia de la superficie de captación o malla se encuentra reforzada con lona, ayudando a dirigir el agua hacia los embudos y a crear una pestaña en la parte superior por donde entrará el tubo de fibra de vidrio.

Antes de levantar la estructura los tensores se deben unir a la lona, cuenta con 4 ojales, uno por cada esquina. Los ojales inferiores sostienen el embudo y se unen a los tensores frontales, una vez

*Figura 66. Instalando captador.*



que el ojal haya atravesado el embudo, de la forma más justa posible para evitar fugas, la punta remanente servirá de entrada para el gancho en “J” de los tensores. Los ojales superiores de la lona se unen directamente a los tensores posteriores, de igual manera con los ganchos en “J”.

Una vez armado y dentro de la malla, el tubo puede ser tensionado por dos personas, una en cada extremo, hasta formar un semicírculo con radio de 6 m.

El arco se introducirá en segmentos de tubo de acero de 1 m de largo por 2" de diámetro enterrado 50 cm, que funcionarán como zapatas de la estructura. Los tubos que funcionan como soportes son accesibles en el mercado, con rápida instalación y de fácil transporte. *(Figura 66)*

Posteriormente las cintas serán tensionadas con estacas de acero de 24" por ½", clavándolas en el suelo. Los tensores se encuentran hechos de cinta de carga con terminaciones, por la parte superior de gancho doble o en "J" y por la parte inferior de ojal estándar. Su longitud alcanza los 6 m, con un ancho de 50 mm logra soportar 1500 kg de carga por cinta. *(Anexos 5: Catálogo de piezas comerciales)*

Una vez levantada y tensionada la estructura, se podrán unir las mangueras layflat de 2" al embudo por medio de abrazaderas ajustables de acero inoxidable con cinturón de goma, en el segmento marcado con altorrelieve.

## **Mantenimiento**

El captador debe estar colocado durante todo el año para proteger contra los vientos, principalmente durante la floración y fructificación, periodos que varían dependiendo de cada cultivo. Sin embargo si se le desea dar mantenimiento puede realizarse en cualquier momento gracias a que sus elementos no son fijos.

-Limpieza de la malla: Durante el periodo de secas la malla se llena con polvo y material orgánico, para evitar la entrada de toda esta suciedad al recipiente de almacenaje se debe dejar que la primera lluvia se lleve todo. Es recomendable que el usuario retire las mangueras de canalización hasta pasada la primera lluvia. *(Figura 67)*

-Reparación/sustitución de la malla: En el caso donde la malla tenga que ser retirada de la estructura, ya sea por limpieza a fondo, reparación de parches o cambio, será necesario el desmonte completo. Se deben retirar las estacas para permitir el desmonte del tubo de los soportes.

Una vez que la estructura se encuentre en el suelo la malla puede ser retirada del tubo telescópico

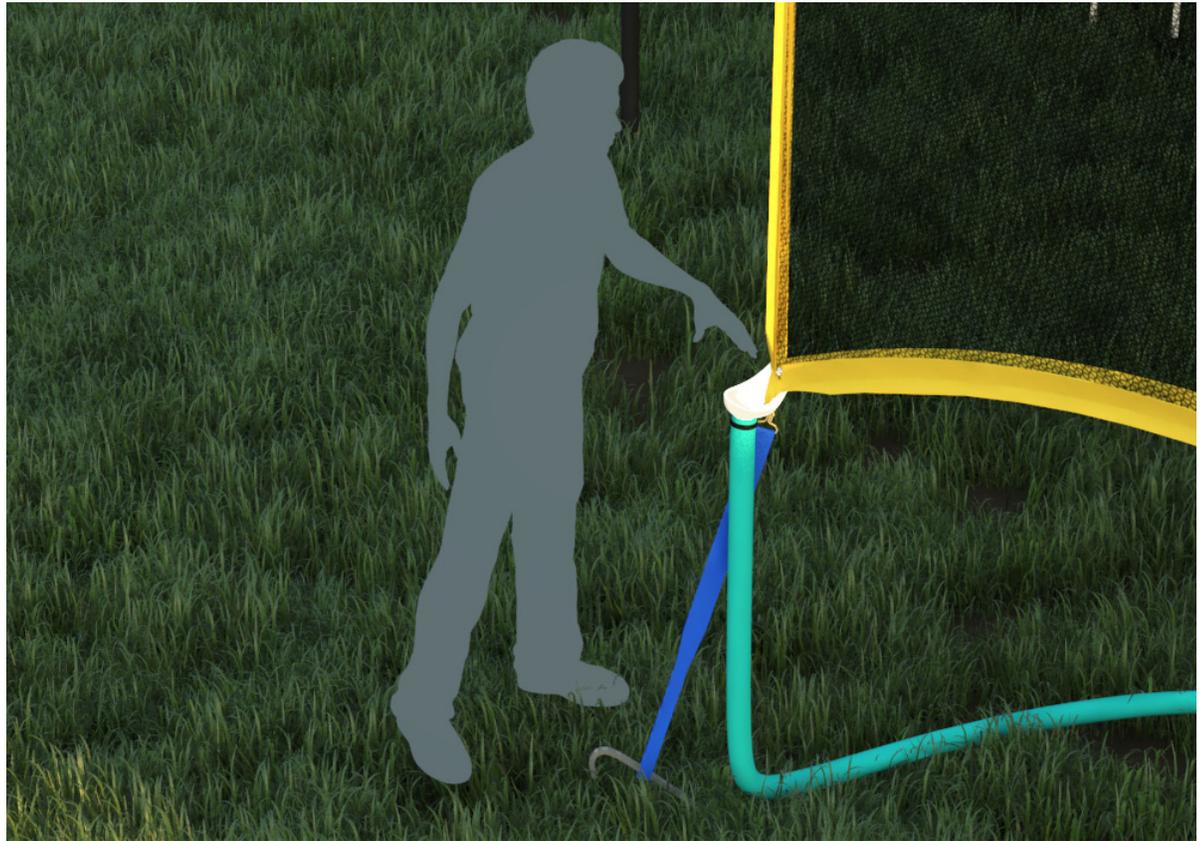


Figura 67. Limpieza del embudo.

para poder cepillarla completamente, colocar parches de la propia malla, volver a coser la periferia con la lona o cambiarla por una nueva. Se reintroduce al tubo y se vuelve a tensar la estructura.

-Transporte y almacenaje: El sistema completo de recolección es desarmable para facilitar las tareas de transportación y almacenaje. La estructura de tubo telescópico se colapsa en sí misma y se separa en dos piezas compuestas de 6 y 7 segmentos de tubo de 1.80 m. Dejando una longitud final de transporte de 2 m por conjunto de tubos, con un peso aproximado de 9 kg por cada uno de los grupos. (Figura 68) La Superficie de captación hecha de malla sombra y lona, puede ser desmontada del tubo y doblada, dejando un peso final de 2.5 kg. De igual forma los tensores y la manguera plana se desmontan y doblan para su transporte o almacenaje ocupando un mínimo de espacio.

Figura 68. Captador desarmado.



## SISTEMA DE RIEGO

### Instalación

Para que la instalación se logre de una forma eficiente, el contenedor se encuentra hecho de partes fácilmente armables y desarmables.

Las dos partes de la estructura se ensamblan por medio de tornillos de acero inoxidable con tuercas injertadas en las patas de la estructura. Este ensamble permite realizar el proceso de una forma mucho más sencilla y poder desarmarlo cuando se desee. La inclusión de las columnas como una pieza fija dentro de la estructura se debe a las ventajas que esto brinda en cuanto a costos y para facilitar el ensamblaje al usuario.

La estructura se introduce dentro de la manga de riego con un largo de 68 (+-1) cm y de 30-50 cm de diámetro, la flexibilidad de la manga de 500  $\mu\text{m}$  permite que pueda ser plegada para formar un contenedor con diámetro menor al determinado por la estructura. La manga se sujetará a la estructura por su parte inferior y superior con una abrazadera.

La abrazadera permite hacer el sello en la bolsa, se encuentra hecha por fleje de acero inoxidable que evita la corrosión, con dimensiones de 3/8" por 0.025". El fleje se cierra y sella la unión entre la estructura y la manga por medio de un tornillo y tuerca de 3/16" con cabeza hexagonal. El uso del tornillo permite que sea ajustable y desarmable, además es una pieza comercial fácil de conseguir. Las piezas de estructura cuentan con altorrelieves que indican en que lugar se debe colocar la abrazadera y evitan que se mueva de su sitio. (Figura 69)

El filtro de malla en bolsa puede colocarse en el momento que la estructura se encuentre armada. El bastidor del filtro entra en un desnivel de la pieza de estructura, de ésta forma no se evitará el paso fluido del agua causando encharcamientos. Entra a presión para mantenerse en su lugar y puede ser retirado sujetándolo por sus pestañas interiores, mismas que tampoco impiden el paso del agua pero sí permiten su sujeción.

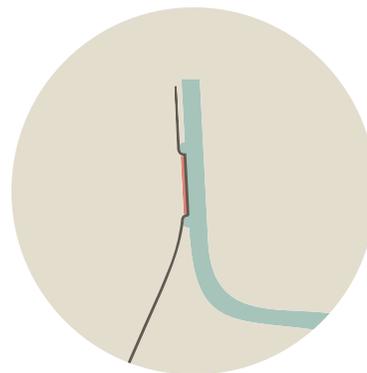
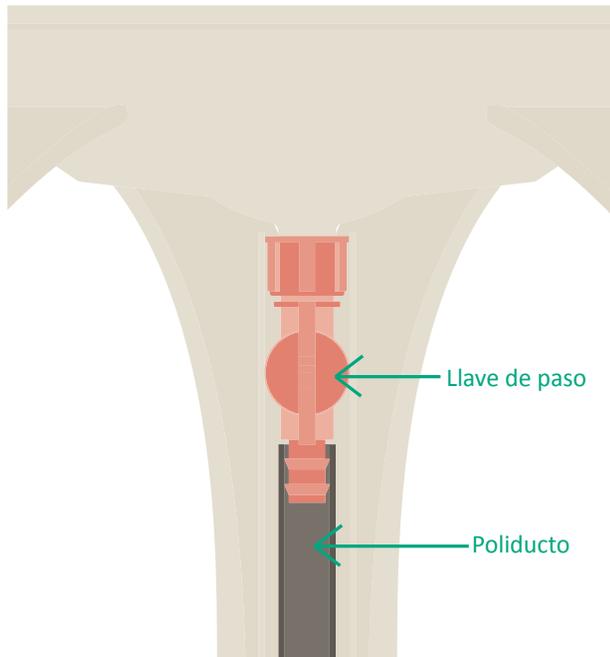


Figura 69. Detalle del sello de la manga.

La parte inferior de la estructura cuenta con dos salidas para el agua, cada salida posee una llave de paso para poder cortar el flujo del agua en caso de ser necesario, se recomienda cerrarlo cuando se desee almacenar agua en el depósito. Las salidas se encuentran hechas para recibir al poliducto que unirá con los difusores. (Figura 70)

Figura 70. Detalle llaves de paso con inicial para poliducto de 16 mm.



Los difusores se deben enterrar en la zona de absorción radicular del árbol. Gracias a su forma de tornillo permiten la entrada al suelo con un menor esfuerzo y tendrán un mejor agarre una vez enterrados, la altura a la que se entierren dependerá de si el usuario desea minimizar la evaporación del agua o no y el tipo de suelo.

Si se desea instalar más de dos difusores las uniones en "T" para el poliducto lo permitirán, pudiendo obtener dos líneas para los difusores de cada salida de agua.

## Mantenimiento

-Limpieza: el objeto se puede separar en todos sus componentes para una limpieza profunda, que puede incluir uso de jabón ya que los materiales resisten la acción de químicos, y/o posterior almacenaje.

Sin embargo la limpieza periódica a realizar será la del filtro, para evitar taponamientos y con ello disminución del paso de agua a través de él, ésta se podrá realizar pasando agua en el sentido contrario en el que normalmente lo hace o con cepillado. (Figura 71)

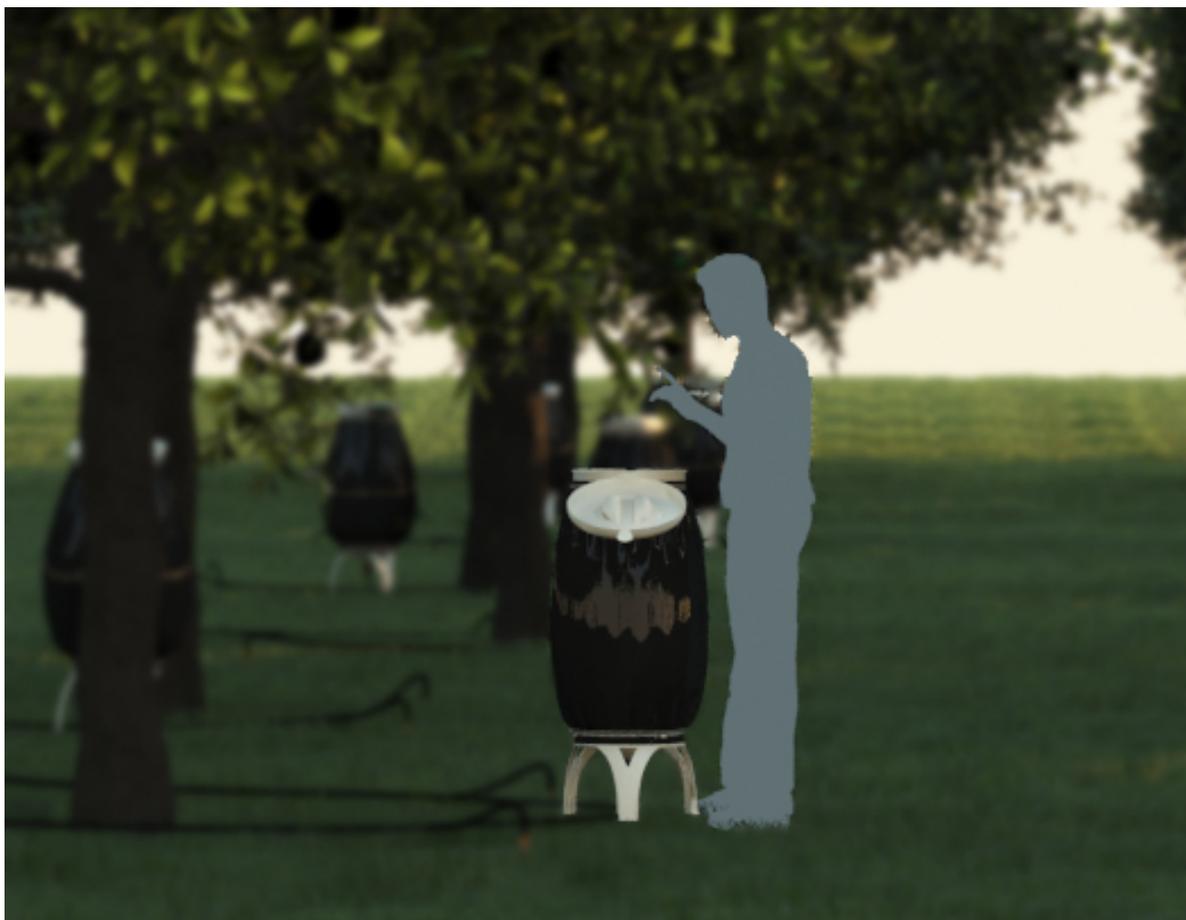
-Revisión de fugas: El objeto se encuentra hecho para evitar las fugas, sin embargo con el uso y posibles accidentes podrían presentarse fugas.

Si la fuga proviene de las uniones entre la manga y la estructura, se debe revisar que el tornillo este bien apretado y con arandela, además se puede colocar una banda de caucho para un mejor sello.

En caso de encontrarse alguna perforación en la manga se recomienda cambiarla por una nueva, debido a que es una parte de venta comercial con bajo precio su sustitución se facilita.

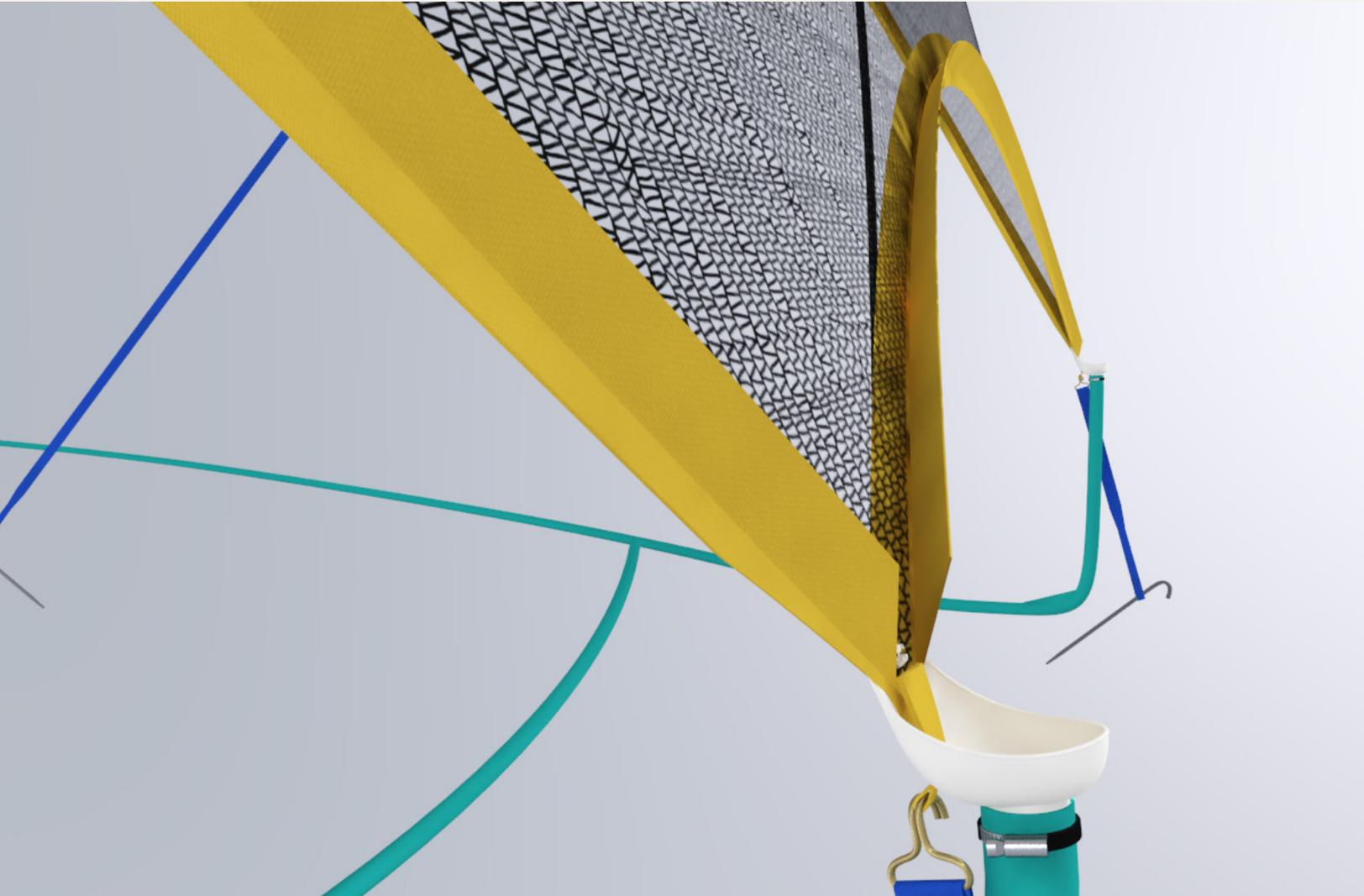
-Transporte y almacenaje: Las piezas del objeto pueden ser desarmadas, así en lugar de tener un objeto de casi 1 m de alto, al separar las dos partes de la estructura se obtiene uno de 52 cm. La manga de riego puede ser doblada para ocupar menos espacio y los componentes exteriores como los difusores se pueden transportar en el espacio que brinda la estructura superior y la tapa.

El sistema de captación y riego para el aguacate se encuentra hecho para funcionar en conjunto. Pero también puede ser usado por unidades de captación, almacenaje y difusión, permitiendo la flexibilidad de adaptarse a las necesidades de cada usuario.



*Figura 71. Limpieza de la entrada para agua.*

# PRODUCCIÓN



*Figura 72. Vista del dispositivo de captación.*

Para facilitar la producción y el mantenimiento, tanto el sistema de captación (*Figura 72*) como el de distribución, cuentan con componentes comerciales de bajo costo y fácil acceso en tiendas especializadas.

## CAPTACIÓN

### -Soportes

Se encuentran hechos por tubo de acero galvanizado cortado a 1.05 m de longitud (Figura 73), pudiendo obtener 6 segmentos de un tramo común de 6.40 m, con un desperdicio de 10 cm que pueden ayudar en caso de error.

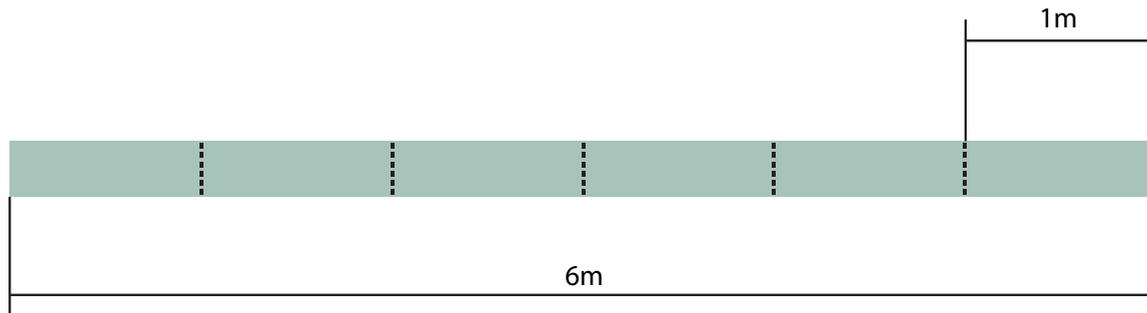


Figura 73. Corte los segmentos del tubo.

Posteriormente al cortado se deben lijar las rebabas remanentes para no obstaculizar la entrada del tubo de acero dentro del tubo de fibra de vidrio.

Éstos soportes permiten mantener el bajo costo de la estructura gracias a que usan el material con un mínimo de procesos para funcionar.

### -Malla con lona

La malla sombra es un tejido de polipropileno que se distribuye con medidas de 4.2 a 8 m de alto por 100 m de largo. En este caso se usará la malla raschel al 50% en conjunción con lona para brindar estructura y guiar la caída del agua.

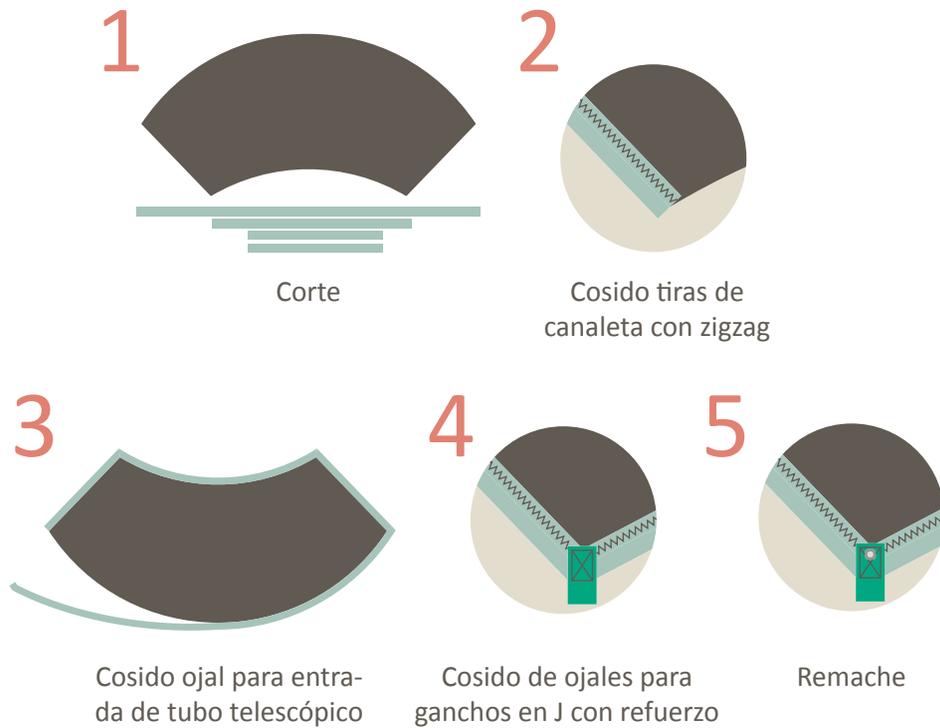
La malla sombra se corta en forma de trapecio con las dimensiones necesarias de 10 m en la parte más ancha y 5.8 m en la más angosta, con una altura de 4.1 m. De igual forma la lona se corta haciendo una tira de 12 m de largo por 20 cm de alto, dos tiras de 3.2 m de largo por 16 cm de alto y una tira de 5.8 m de largo por 16 cm de alto.

La tira de 12 m de largo se une a la malla sombra por medio de costura, doblando la por la mitad y atrapando a la malla entre los dos lados de la lona. Las tiras de 3.2 y 5.8 m se cosen unidas a la malla

sombra en sus lados sobrantes, las tiras se doblan a la mitad pero en esta ocasión la malla queda dentro del dobles que se hace a 3.5 cm y se vuelve a coser solo uno de los extremos sobrantes de la lona con la malla como refuerzo.

Una vez Cosida la malla con sus refuerzos de lona perimetrales, se le adhiere un ojal de lona en los dos vértices inferiores, de 15 por 5 cm. En la intersección del vértice inferior donde se encuentran las capas de malla, refuerzo de lona y ojal de lona se coloca un remache de lona de 2 cm de diámetro, fortaleciendo la unión y brindando una entrada para el seguro del embudo.

En las parte superior de la malla, se colocan dos ojales de lona sobre el ojal de lona de 12 m, éstos se cortan, y se cosen a la unión de la malla con la lona.



## Armado superficie de captación

## -Embudo

El captador cuenta con una pieza de moldeo por inyección. Esta pieza se usa dos veces como embudo para las salidas de agua. El ojal inferior de la lona entra a presión por el orificio en la parte media del objeto, para evitar fugas de agua se incluye un empaque de caucho en la perforación. El embudo se asegura, para evitar movimientos laterales, al remache de la lona por medio de clamps.

Se usa un molde de tres piezas para inyección de polietileno, con un mecanismo retráctil para la inclusión de los clamps y orificios en la pieza. HDPE se eligió por sus propiedades de resistencia mecánica y química necesarias para un objeto que trabajará en la intemperie. (Figura 74)

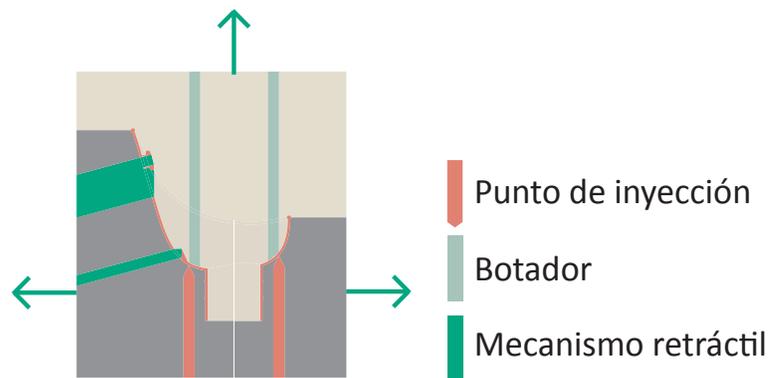


Figura 74. Molde de inyección embudo.

## PIEZAS COMERCIALES

Para facilitar el acceso de los usuarios a el sistema de captación y disminuir los costos de producción se hizo uso de diversas piezas que se encuentran a la venta en el mercado. (Anexos 5: Catálogo de piezas comerciales)

### -PCA1. Tubo telescópico de fibra de vidrio

Es un producto comercial que se encuentra a la venta como sets para mástiles de antenas. Éstos sets pueden alcanzar los 26 m de largo con el conjunto de tubos telescópicos. Sin embargo para este caso se realizará el uso del fragmento del set que va de los 55 a los 30 mm, éste se espejeará para completar con dos conjuntos de tubos telescópicos los 18 m necesarios para la estructura. El tubo telescópico de fibra de vidrio le da a la estructura flexibilidad, resistencia y capacidad de ser transportado en una camioneta común.



### -PCA3. Abrazadera



Las abrazaderas ajustables de acero inoxidable con almohadilla de goma plana, para tope en los tubos telescópicos de fibra de vidrio, se encuentran de forma comercial. La inclusión de la almohadilla es para asegurar el tubo de fibra de vidrio sin dañarlo, las abrazaderas ajustables permiten que la estructura sea desarmable.

### -PCA4. Cinta de carga



Las cintas de carga o eslingas de poliéster se encuentran de forma comercial. En este caso se usa la cinta con terminación de doble gancho o en J por la parte superior y con terminación de ojal reducido por la parte inferior que se une a la estaca. Su longitud para los tensores posteriores es de 6 m y para los frontales de 1 m, con un ancho de 2”.

### -PCA5. Estacas



Las estacas de acero se encuentran de forma comercial, en este caso se usan las estacas de 24” por ½”

### -Layflat. Manguera plana



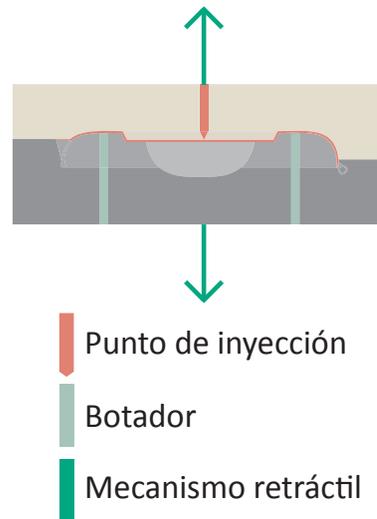
La manguera plana o layflat se encuentra de forma comercial con dimensiones de 2” por 90 m de largo.



## DISTRIBUCIÓN DEL AGUA

### -Tapa

Producida en moldeo por inyección de polietileno de alta densidad, el molde será de dos piezas. Al ser una pieza que no va a recibir carga, su grosor es de 1 mm y obtiene estructura de su forma redondeada y con bajo relieves.



*Figura 75. Molde de inyección para la tapa.*

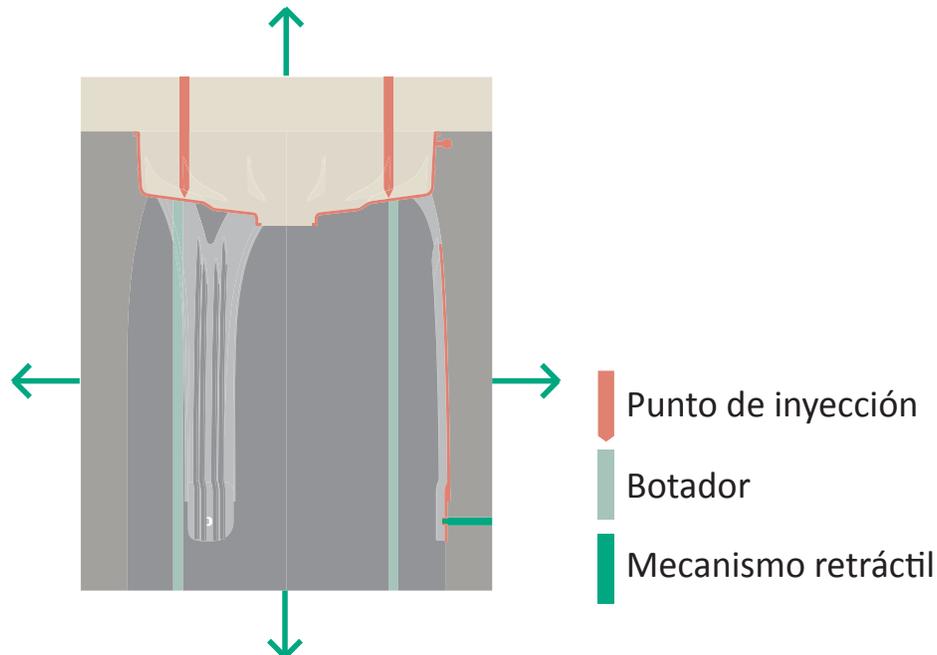
### -Soporte superior

Debido a que es una pieza estructural para el contenedor y deberá resistir la carga realizada por 100 L de agua. Se encuentra hecha de inyección de polietileno de alta densidad, con un grosor de 3 mm, 12 costillas radiales de 1.5 mm para brindar soporte, 4 costillas en el perímetro del cilindro, bajo relieves para apo-

yar la estructura y recibir el filtro de bolsa que entra a presión. Además cuenta con las columnas de soporte incluidas en la pieza.

La inyección se realizará en un molde de 4 piezas. Dos salidas serán laterales para incluir las costillas perimetrales, una salida superior para el moldeo de la concavidad de la pieza y una salida inferior para el moldeo de la parte convexa de la pieza en conjunto con las patas. (Figura 76)

Figura 76. Molde de inyección para estructura superior.



### -Soporte inferior

Al igual que el soporte superior la pieza soporta el peso de 100 L de agua contenida en ella. Su grosor general de 3 mm, con 12 costillas radiales de 1.5 mm, bajo relieves y dos salidas para el agua.

Su producción se realiza por medio del moldeo por inyección de polietileno de alta densidad por sus características de resistencia. El molde cuenta con dos salidas para las costillas de refuerzo perimetral, la salida para la parte cóncava que incluye los orificios de salida para el agua y columnas con la parte macho para el ensamble, la salida para la parte convexa incluye el moldeo para recibir los clamps que aseguraran los iniciales con llaves de paso y el moldeo de las patas. (Figura 77)

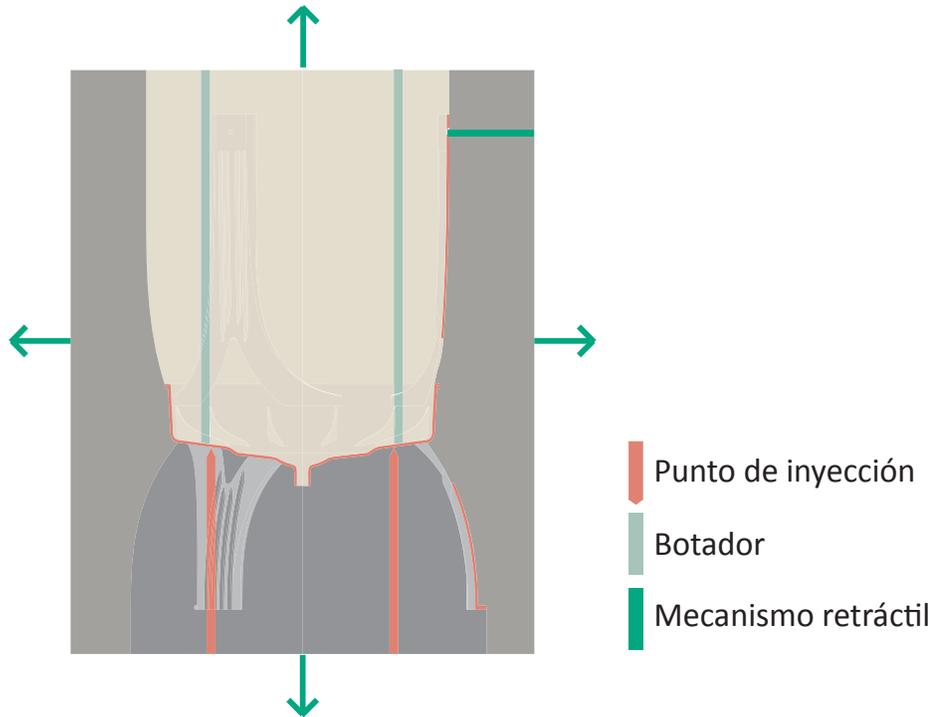


Figura 77. Molde soporte inferior.

#### -Difusor

Se encuentra hecho de membrana cerámica calibrada de 4 mm de grosor, lo que permite el riego por exudación. Su producción se realiza por vaciado para permitir que el agua se distribuya uniformemente por toda su superficie. El molde es de yeso de dos partes.

#### -Abrazadera

La abrazadera se encuentra hecha de un fleje de acero inoxidable tipo 201 de 3/8" por 0.025", el fleje se corta con una longitud de 1 m y las puntas son dobladas a 1 cm de largo. En las puntas dobladas se hace una perforación de 3/16".

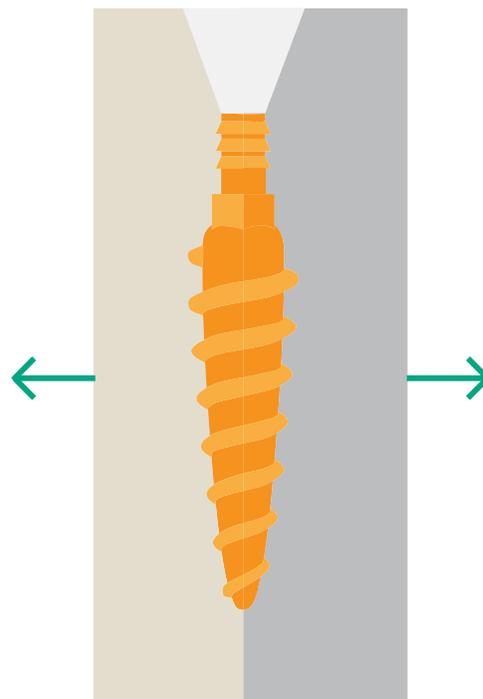


Figura 77. Molde difusor.

## PIEZAS COMERCIALES

Las partes del sistema de riego que requerirán de cambio más constante, como la bolsa de almacenaje y el filtro, son piezas comerciales de fácil acceso y bajo costo. (Anexos 5: Catálogo de piezas comerciales)



### -PCO1. Filtro

Filtro de malla a 120 mesh en bolsa con 4.5 cm de diámetro. Bastidor de polietileno de baja densidad con agarraderas, unido a la malla por ultrasonido o costura.



### -PCO2. Mini válvula

Entrada macho de 3/4" y salida para poliducto de 16 mm.



### -PCO3. Manga

La manga de riego de 500  $\mu\text{m}$  es una pieza comercial que se vende por rollos, el soporte acepta mangas de 40 a 50 cm de diámetro. Se recorta del largo necesario de 68 (+-1) cm.



### -PCO4. Tornillo y tuerca

El tornillo de cabeza hexagonal de 3/16" de acero inoxidable es una pieza comercial, así como la tuerca y arandela para el mismo.



### -Poliducto

El poliducto es la forma más común de uso en los cultivos para la distribución del agua. Se encuentran a la venta por metro o rollos de 300 m por 16 mm de diámetro. Se encuentra hecho de polietileno de baja densidad con un milímetro de grosor.



### -Uniones en T

La pieza T para poliducto de 16 mm se encuentra hecha de polietileno. Esta pieza ayudará a incluir más salidas de agua con el poliducto.



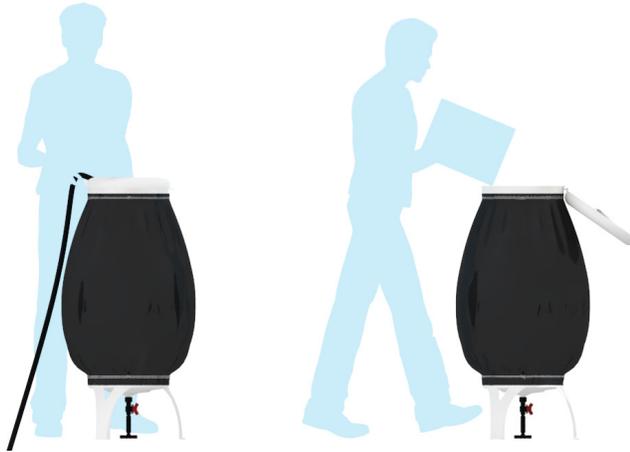
Los objetos serán usados por personas de la población mexicana, contemplando ambos sexos y edades desde los 18 hasta los 90 años. Las dimensiones usadas son:

*Figura 79. Apertura de la tapa del contenedor.*

Para la altura donde se colocará la manguera o se levantará la cubeta para rellenar el contenedor de 906 mm del suelo a la entrada del agua, refiriéndose a la altura del codo flexionado. (Figura 78)

La altura al codo pegada al cuerpo, se tomó debido a que es zona de manipulación donde mayor peso se puede levantar. La cantidad máxima de carga general recomendada es de 25 kg, mientras que para la población femenina, joven y ancianos es un máximo de 15 kg.

Figura 78. Llenado con manguera y cubeta.



Las recomendaciones para la carga son mantener la espalda recta, separar los pies, sostener firmemente, levantar suavemente, evitar giros, cargar pegado al cuerpo, depositar la carga y no realizarlo de forma continua. <sup>53</sup>

La ventaja del llenado cada 3 semanas, permite al usuario que la frecuencia de trabajo se pueda realizar espaciadamente, otorgando descanso para evitar el

trabajo repetitivo, o realizarlo de acuerdo a su ritmo de trabajo. Conjuntamente durante el llenado se puede depositar la carga apoyando en la estructura mientras la cubeta se vacía.

Mientras que para el llenado con manguera, el usuario tendrá una posición mucho más cómoda, donde se puede apoyar la carga atorando en la entrada para la manguera. La entrada para la manguera se encuentra a una altura de 90 cm, que corresponde con la altura del hombro.

Bajo estas normas, el levantamiento de la estructura para captación tomando en cuenta el tubo y la malla con un peso conjunto de aproximadamente 22 kg, no deberá representar problemas para dos personas que la pongan en pie e inserten dentro de la zapata a 50 cm de altura. Además su manipulación para instalación o desarme será de periodos prolongados, pudiendo durar años.

Para la determinación de la medida del asa para la tapa, se tomó en cuenta el percentil 95 de la población masculina para el largo del asa, con la anchura de la mano de 103 mm, con 120 mm finales para dejar holgura. Mientras que para el ancho, se tomó en cuenta la población femenina de percentil 5 con un diámetro de empuñadura de 40 mm, dejando 35 mm finales. (Figura 79)

La manipulación del embudo, para colocar la manguera de canalización, se encuentra a un metro de altura del suelo, lo que permite mantener una posición cercana a la altura al codo con los brazos pegados al cuerpo, lo que ayuda a que el ajuste de estas mangueras se realice en una posición sin esfuerzo.

La colocación del difusor se realiza girándolo para enterrarlo y cuenta con el diámetro mínimo, para

53. UMA. 2006.

mangos de herramientas para ejercer torsión, de 25 mm. El diámetro final se determinó disminuir hasta esa medida para que su inserción al suelo no necesitara de la aplicación de mucha fuerza, como sucedía con diámetros mayores a los 40 mm.

### DIALOGO CON EL USUARIO (INDICADORES VISUALES)

La introducción de nuevos objetos a los usuarios representa un problema para la comprensión de su funcionamiento.

El captador de agua puede ser uno de los más incomprensidos. Sin embargo, dentro del diseño del objeto se contempló el manejo de colores diferentes y llamativos, en este caso amarillo, para que el usuario pueda contemplar la captación del agua sobre los canales de lona.

Por otro lado, las partes del sistema que requieren de mantenerse limpias para evitar taponamientos se hicieron blancas, esto con el propósito de poder observar la suciedad. Son el caso del embudo que recibe el agua de lluvia, el cuerpo de la estructura que también es la entrada al agua y el filtro de malla.

Otra parte importante de comunicación con el usuario se dio en el contenedor, la flexibilidad del tanque de manga le da al usuario un referente visual, del agua que tiene el tanque y cuanta se ha usado. Éste es uno de los factores que ha hecho que los usuarios prefieran la aspersión sobre el goteo, ya que el riego se hace perceptible, de esta forma el riego no se vuelve tan abstracto como en el goteo. (Figura 79)

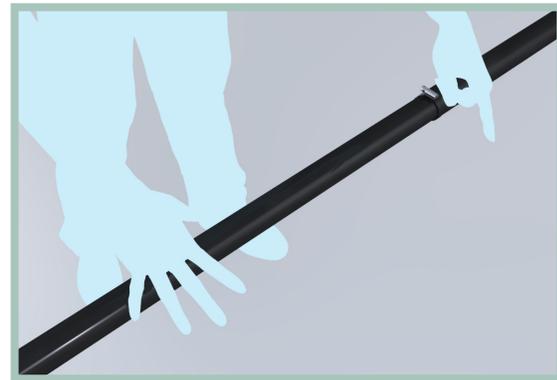


Figura. 79. Contenedor vacío y lleno.

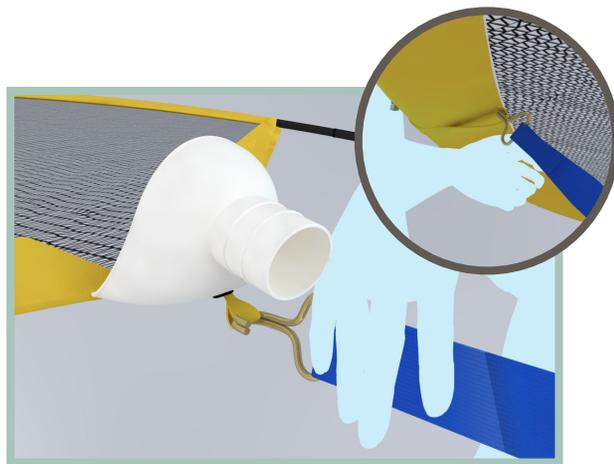
INSTALACIÓN



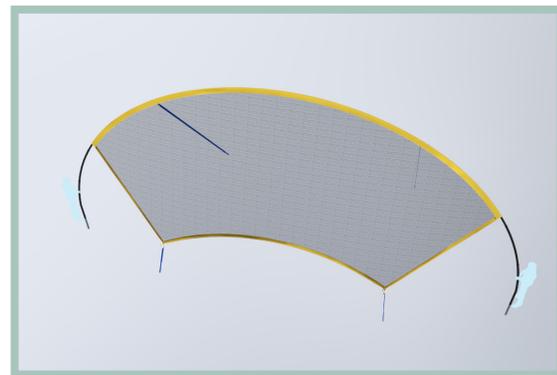
**1** Se debe realizar una perforación en el suelo de 50 cm de profundidad para el tubo de 2". El tubo de acero galvanizado se introduce de forma perpendicular al suelo hasta dejar 50 cm por encima de la superficie y se entierra, la distancia entre zapatas debe ser de 12 m. La acción de enterrar se realiza sosteniendo el tubo de acero con la empuñadura, siendo de 50 mm de diámetro, permite un buen agarre.



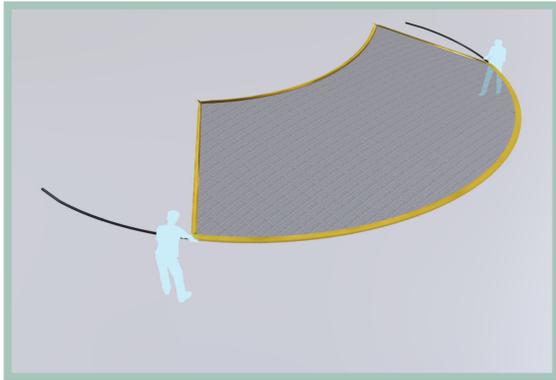
**2** Una vez fijadas las zapatas se puede realizar el ensamble del tubo de fibra de vidrio telescópico. El tubo se sujetará de igual forma con la empuñadura, manteniendo un tubo fijo y deslizando el tubo interior hasta sobresalir 1.42 cm, la abrazadera ajustable se desliza hasta el final del primer tubo y se aprieta impidiendo que el segundo tubo se vuelva a introducir. Estos movimientos se pueden realizar de pie sosteniendo el tubo. El ajuste de los tubos se repite hasta completar el tubo de 18 m.



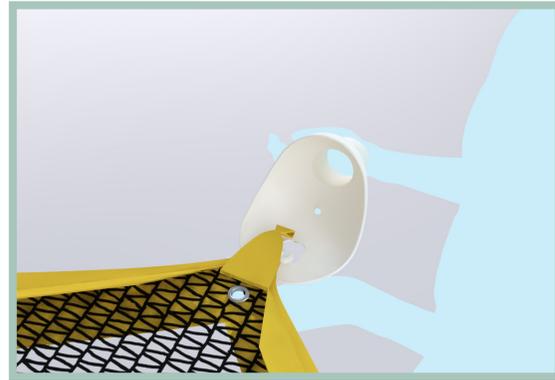
**5** En la punta del ojal frontal que sale del embudo se coloca el gancho en J. Se sostiene el ojal con una mano y mientras el gancho se introduce con la otra. De la misma forma se realiza con el ojal posterior.



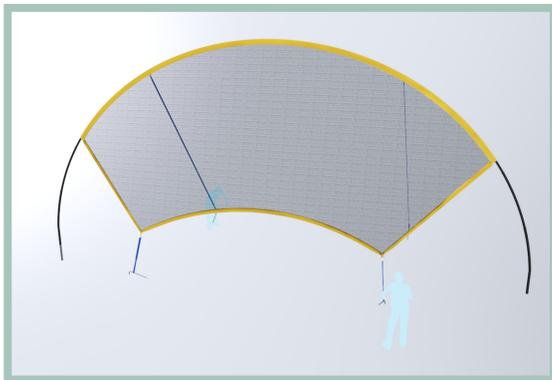
**6** Una vez sujetos los ganchos, principalmente los del ojal superior, se procede a levantar la estructura. Se requiere de dos personas sosteniendo el tubo con ambas manos, que se irán acercando entre sí para generar el arco en la estructura, hasta llegar a la zapata donde serán colocados los finales del tubo.



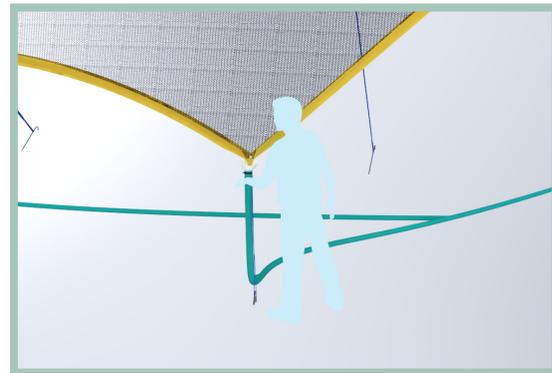
**3** Teniendo el tubo de fibra de vidrio armado, éste se introduce a la superficie de captación por medio del ojal de entrada de tubo. La malla se deslizará por el tubo hasta encontrarse estirada y centrada. Para este paso es mejor si lo realizan dos personas al mismo tiempo. El movimiento se realiza jalando con toda la mano y apoyándose en el tubo.



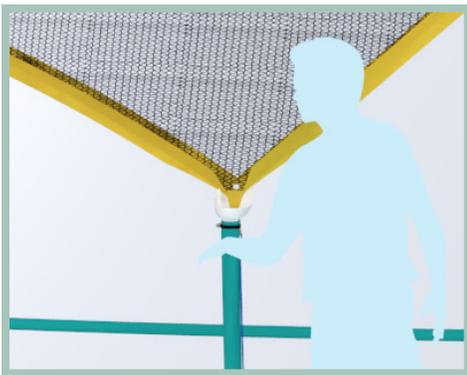
**4** Se introduce el ojal frontal dentro del orificio del embudo. Con una mano se sostiene el embudo, mientras que con la otra se empuja el ojal para hacerlo pasar a presión por el orificio con empaque de caucho. Una vez dentro el embudo se asegura a la lona introduciendo los clamps dentro del remache de la lona. Es importante realizar este paso antes de la colocación de los ganchos en J.



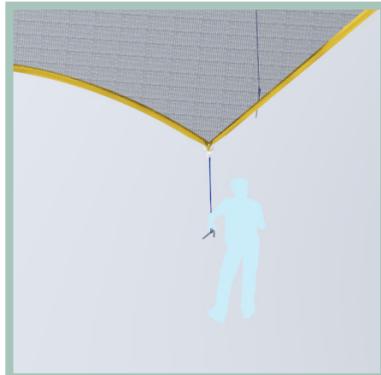
**7** El tubo de fibra de vidrio dentro de la zapata obtiene equilibrio, sin embargo una persona debe sostener la estructura. Mientras tanto la otra persona comenzará a tensar las cintas de carga por medio de las estacas. Las estacas se introducen al ojal inferior de la cinta y se clavan al suelo con martillo, manteniéndolas en un ángulo contrario al de la cinta.



**8** Finalmente con la estructura fija ya se pueden colocar las mangueras de canalización. El usuario debe colocar la manguera en el exterior del embudo, apretando la abrazadera ajustable a la altura que marcan los relieves del embudo. La manguera se lleva hasta el depósito, que se puede encontrar a un metro por encima del nivel del suelo donde se colocó el captador.



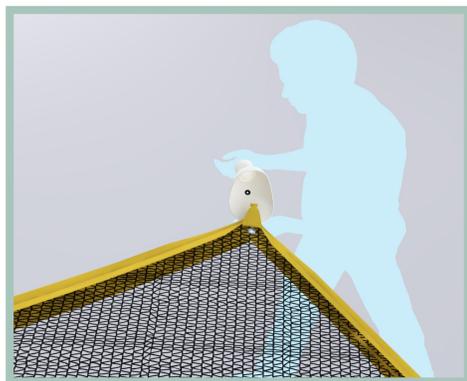
**1** Se toma la manguera de canalización para retirarla y con un desarmador se afloja la abrazadera del embudo.



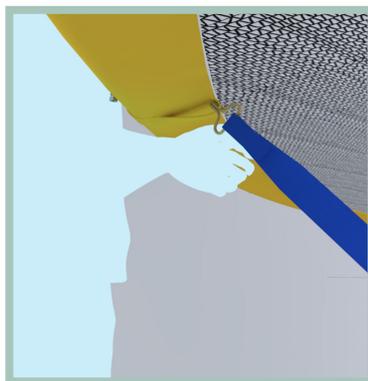
**2** Se sustraen las estacas del suelo.



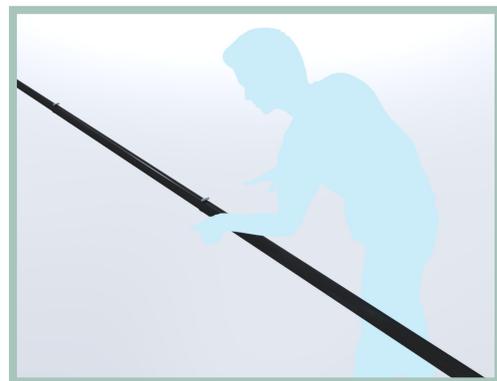
**3** Teniendo cuidado de sostener la estructura con ambas manos, dos personas la sostienen para desmontarla de las zapatas y poco a poco van destensando la estructura del tubo.



**4** Colocando la estructura en el suelo se comienza a extraer la malla del tubo deslizándola con una mano y sosteniendo el tubo con la otra. Se separa el embudo de la malla aplicando presión para liberar los clamps del remache, se extrae del ojal jalando el embudo.



**5** a. Se introduce la nueva malla con refuerzos perimetrales de lona.  
b. Se parchan los fragmentos rotos de la malla y se reintroduce el tubo al ojal de la malla. Colocan el embudo y los tensores.



**6** Se levanta la estructura aplicando fuerza para tensarla, colocándola en las zapatas de acero y tensando las cintas con las estacas.

## MANTENIMIENTO: CAMBIO O REPARACION DE LA MALLA



**A** En el momento de llenar el depósito con cubeta, se debe abrir la tapa con una mano. La entrada para el agua comienza en 30 cm de diámetro brindándole al usuario libertad para dirigir la caída del agua. El peso de la cubeta no debe superar los 24 kg recomendados y su altura de levantamiento será hasta el hombro pegado al cuerpo para minimizar daños al usuario.



**B** Para llenar el depósito con manguera se sostiene la manguera con una sola mano a la altura del codo con el brazo pegado al cuerpo. La manguera de 1" se puede atorar en la entrada en cuña del depósito para no tener que sostenerla. No es necesaria la apertura de la tapa, lo que agiliza la realización del trabajo.



**C** En caso de ser necesario el uso de los depósitos para almacenar agua durante el periodo de lluvias. Se cierran las llaves de paso, desconectan todos los poliductos y de preferencia se retiran los difusores para su limpieza y almacenamiento.

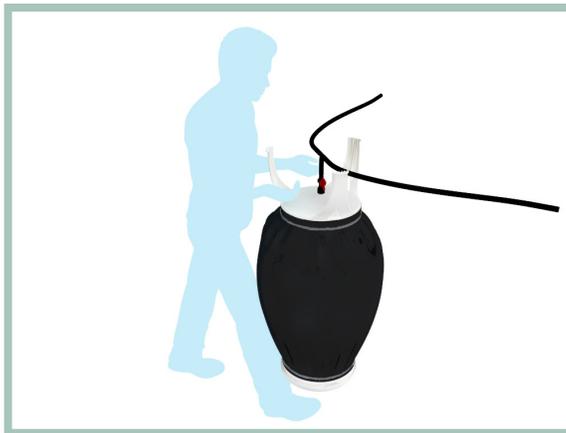
USO



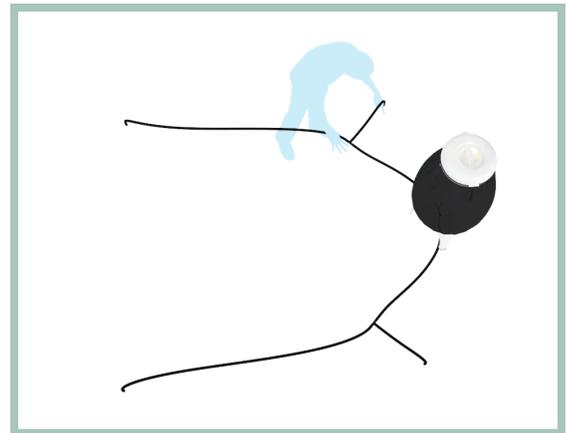
**1** Se coloca la estructura inferior tomándola con ambas manos de pie. Sosteniendo la estructura inferior con una mano, se coloca la estructura superior (incluye la tapa) con la otra, haciendo coincidir las columnas. Se debe ejercer presión desde la parte superior hasta que el ensamble entre por completo.



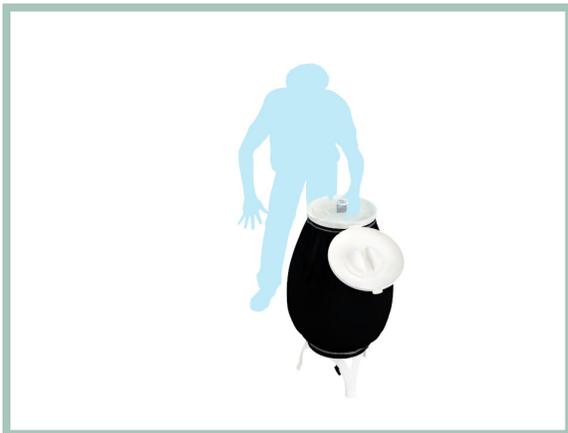
**2** Se coloca la manga de riego en el exterior de la estructura sosteniéndola con ambas manos. Primero por la parte superior se fija la manga a la estructura con la abrazadera. Uniendo el tornillo con la tuerca por medio de los dedos para fijar, posteriormente se ajustan con una llave hasta quedar bien apretado.



**5** Se colocan los poliductos y abren las llaves de paso. Estos se sostienen con el dedo índice y pulgar introduciéndolos en los iniciales con llave de paso, mientras la otra mano sostiene la estructura. El poliducto se introduce a presión para evitar fugas de agua hasta llegar al tope que marca la pieza con un diámetro más grande por donde no puede pasar.



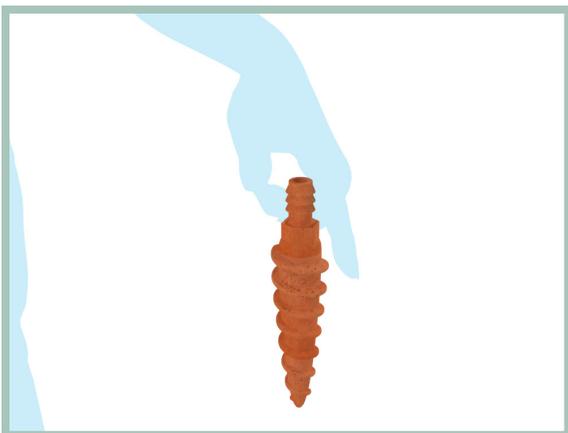
**6** Se realizan los cortes necesarios al poliducto en función del número de difusores a colocar. En este caso se colocarán 4 difusores, por lo tanto ambas mangueras de poliducto que se conectaron al depósito serán unidas con un pieza T a otros dos fragmentos de poliducto. Se usa principalmente los dedos índice y pulgar para unir las mangueras a la pieza, de igual forma deben entrar hasta el fondo de la pieza.



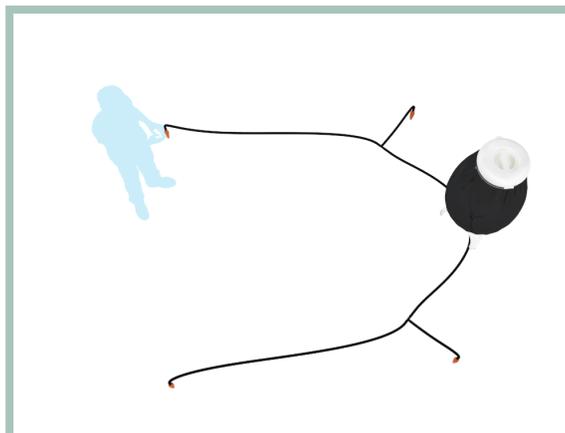
**3** Se coloca el filtro de malla sosteniéndolo con los dedos índice y pulgar, se empuja hasta que tope para asegurar que no se mueva de su lugar. Hasta este punto el depósito ya se encuentra armado.



**4** Colocar la segunda abrazadera. Se debe jalar muy bien la manga para que ésta no cuelgue cuando se llene. Una vez a la altura correcta se coloca la abrazadera en el borde que indica su lugar y se ajusta con el tornillo.



**7** Durante la instalación de los difusores se requiere de mantener una posición en cuclillas, oprimiendo el difusor de forma perpendicular al suelo, mientras se hace palanca con la mano, normalmente sujetándolo como empuñadura. Se coloca 3 o 4 por árbol en el área de absorción radicular. La altura a la que se entierra depende de las necesidades del cultivo.



**8** Se unen las terminaciones del poliducto directamente a los difusores, gracias a que éstos cuentan con una entrada igual al inicial del depósito, de la misma forma deben introducirse con los dedos índice y pulgar hasta que topen.

## INSTALACIÓN

## LIMPIEZA

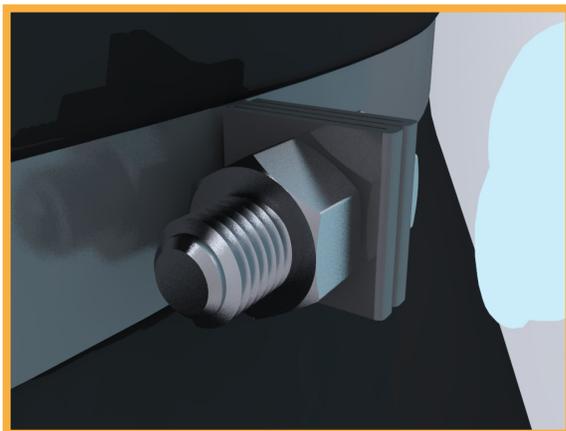


**1** Se abre la tapa para acceder a la entrada del agua, y se retiran todos los elementos sólidos que se puedan. Se enjuaga sólo con agua la cavidad dejando que todo vaya hacia el filtro.



**2** Se retira el filtro tomándolo de sus abrazaderas interiores con los dedos índice y pulgar, una vez fuera se le da vuelta a la bolsa y se hace pasar agua a presión por la malla. Si esto no es suficiente se puede cepillar. Se regresa la bolsa a su posición original. Reintroduce el filtro y cierra la tapa.

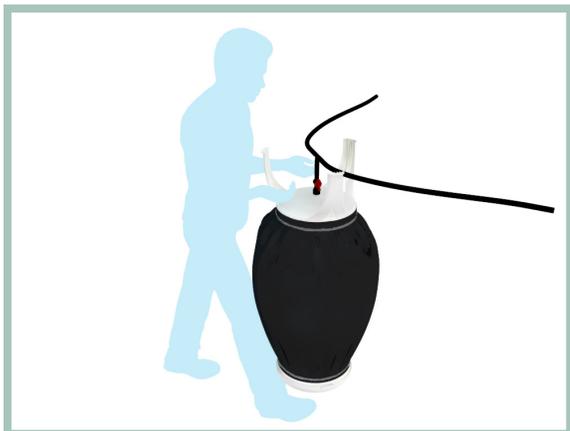
## CAMBIO DE MANGA



**1** En el caso que la manga tenga alguna perforación se deben retirar las abrazaderas para permitir la salida de la manga.



**2** Se coloca la nueva manga cortada a la medida (68 cm) y se sujeta con las abrazaderas bien apretadas.



**1** Para un mantenimiento más completo se limpian todas las piezas. Primero se deben desconectar todos los poliductos.



**2** Desensamble de las abrazaderas, se retira la bolsa de la estructura, se separan las dos piezas de la estructura.



**3** Todas las piezas individuales pueden ser lavadas con agua y jabón. Una vez limpias se dejan secar. En el caso de los difusores solo se debe usar agua caliente con un cepillo de nylon.



**4** Se ensambla de vuelta.

## MANTENIMIENTO

# ESTÉTICA

Manga

Estructura

Suelo

Pasto

*Contenedor en su entorno con paleta de colores.*



Para este proyecto el eje rector fue lograr un objeto altamente utilitario y económicamente viable, el aspecto formal quedó supeditado al funcional. Debido a que la forma sigue a la función, la estética pasa a ser una parte más de la función del objeto.

## COMUNICACIÓN

En este caso la forma es una manera de transmitir al usuario como funciona el producto y como deberá ser usado. Aunque no excluye la inclusión de un manual del usuario.

Para el captador, la reminiscencia a una tienda para acampar, circo e incluso un puesto ambulante, debe ayudar al usuario a comprender la forma en que el objeto se sostiene y como se podrá instalar. En cuanto al uso de materiales agrícolas, como la malla sombra, aportará familiaridad con los elementos, para confiar en su funcionamiento que ya han visto a prueba dentro de los invernaderos como rompevientos.

La pieza de canalización se encuentra hecha de HDPE, sin embargo su color y forma recuerdan a la de un codo de PVC, lo que de nueva cuenta dará un referente del uso que tendrá.

Para el contenedor, se cuenta con una estética semejante a la de los botes de 19 L, que de nueva cuenta le brindan al usuario un referente visual de lo que puede y no puede funcionar. También se hace uso de una pieza de materiales agrícolas, que es la manga de riego, obteniendo otro referente en base al conocimiento previo de que el agua pasa por ahí y lo resiste.



Cielo

Copa del árbol

Embudo

Layflat

Lona

Tubo y malla

*Entorno del captador con paleta de colores.*

Las formas de embudo tanto en la estructura superior como en la inferior indican al usuario por donde es que correrá el agua. Mientras que la tapa con bordes redondeados ayuda a suavizar el aspecto general anguloso del objeto en contraste con la forma redondeada que toma la manga cuando se encuentra llena de agua.

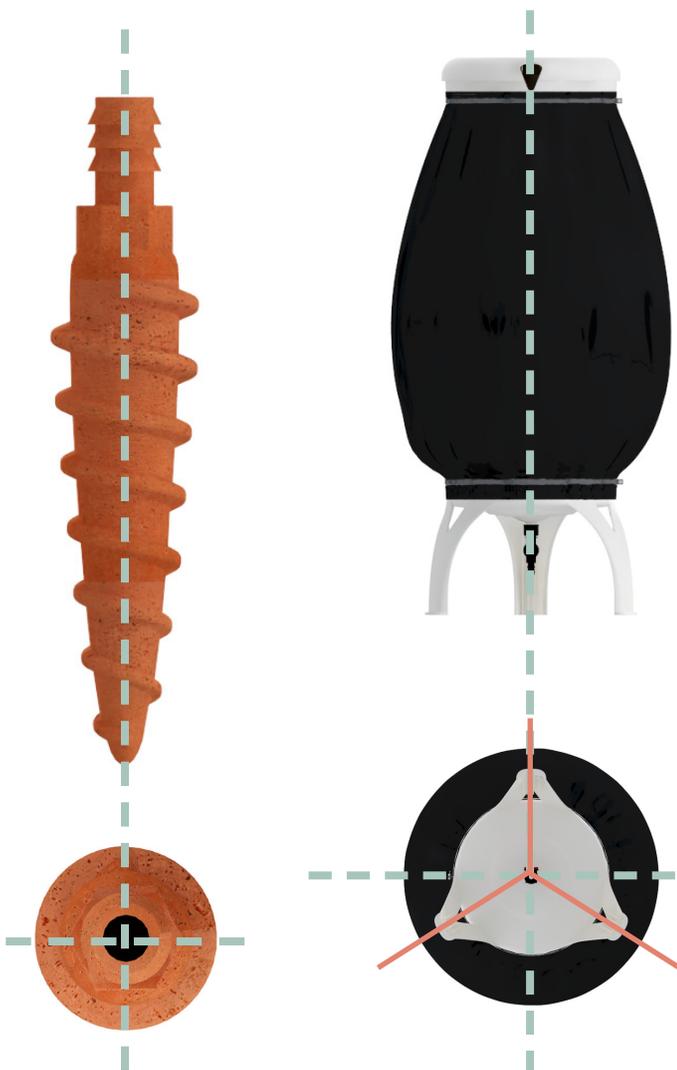
Finalmente las piezas de membrana cerámica se encuentran altamente ligadas con las macetas, aunque no se usen de la misma forma, se hace la relación con las plantas. Y en algunos sitios el riego por exudación de piezas de barro es un método tradicional.

## CONFIGURACIÓN

**Simetría:** Todos los objetos cuentan con simetría. El captador tiene el eje de simetría de forma vertical de frente. El contenedor tiene simetría en el eje vertical, así como en el horizontal desde la vista superior. Mientras que el difusor que no es del todo simétrico, te brinda ese efecto en el eje frontal vertical y en la vista superior, éste efecto se logra gracias al ritmo dentro del relieve que recorre el cuerpo de forma helicoidal.

**Formas racionales:** Todos los objetos se encuentran hechos a base de figuras geométricas simples y dimensiones medibles, pero cuenta con partes que se adaptan al momento. El captador es un semicírculo desde la parte frontal y el tubo forma un ángulo recto con el suelo, pero la lona y los tensores se colocaran de acuerdo a las exigencias del suelo o del agricultor. El contenedor tiene una forma básica de cilindro con radios constantes en la tapa, sin embargo la manga tendrá una forma dada por la fuerza que ejerza el agua sobre ella.

**Congruencia:** Todos los objetos se encuentran en función de la tarea a realizar, pero no por eso tienen que

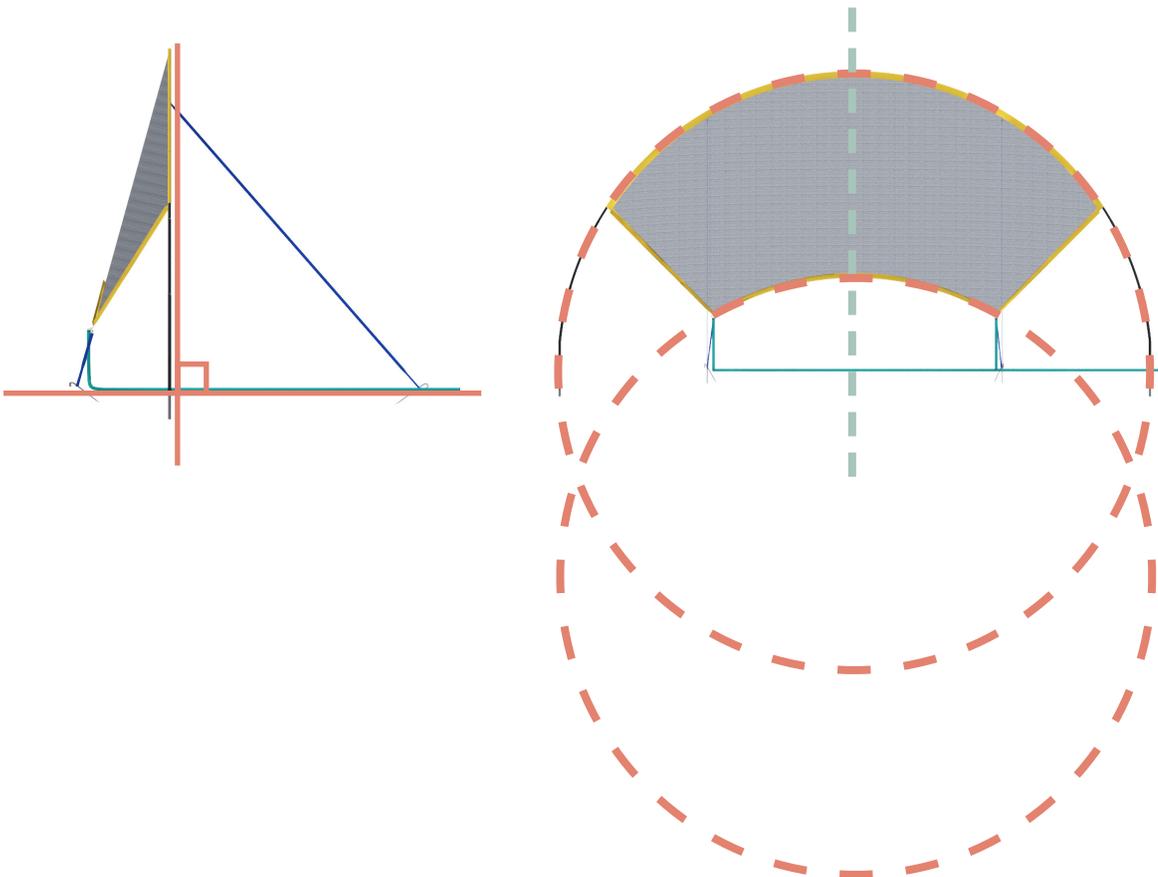


ser poco afines entre sí. Es por eso que en contenedor tanto la parte inferior como la superior de la estructura, cuentan con los mismos diámetros, ángulos y relieves.

**Ambiente:** El color blanco contiene un ligero matiz de amarillo y es semimate, usado en la estructura del contenedor permite ver más fácilmente la suciedad acumulada en el artefacto para mantenerlo limpio y evita la absorción de calor. Además es un color neutro que no exige la mirada de inmediato, lo que ayuda a adherirse a un entorno mas bien natural.

La malla sombra realiza un efecto interesante en la forma en que el ambiente se percibe, ya que se puede observar tanto la malla como lo que se encuentra detrás. Esta característica le permite mostrar que protege al cultivo y al mismo tiempo puedes verlo.

**Ligereza:** Todo el sistema demuestra ligereza visual, especialmente con el captador que es muy transparente y delgado, haciendo que no se encuentren barreras visuales, mostrándose elevado como flotando. El contenedor también transmite ligereza debido a que se encuentra elevado del suelo con patas que lucen delgadas con respecto al cuerpo.



# COSTOS DEL PROYECTO

Para finalizar la explicación de este proyecto, a continuación se presenta un análisis del costo aproximado para su desarrollo.

Tomando en cuenta que para garantizar su óptimo funcionamiento se requiere de repetición de pruebas en el sitio de interés durante periodos prolongados de tiempo para lograr las mejoras de diseño pertinentes, se decidió acotar su costo hasta el momento de la construcción del primer prototipo.

Es así como para obtener un mejor manejo del proyecto el desglose de actividades se dividió en: identificación del problema, sustentación del proyecto, proceso de conceptualización, experimentación, desarrollo del producto y primer prototipo.

## Identificación del problema

	Horas de trabajo	Costo por hora	Total
Calidad de vida	10	\$40	\$400
Índice calidad de vida en México	10	\$40	\$400
Índice Satisfacción de vida	20	\$40	\$800
Análisis y cruce de factores para localizar el problema	20	\$40	\$800
Justificación del problema: Panorama nacional de la agricultura	30	\$40	\$1,200
		Subtotal	\$3,600

## Sustentación del proyecto

	Horas de trabajo	Costo por hora	Total
El aguacate	80	\$40	\$320
Agua y suelo	60	\$40	\$240
Agricultura de conservación	30	\$40	\$120

Cultura campesina mexicana	30	\$40	\$120
Captación de agua	10	\$40	\$400
Sistemas de riego	10	\$40	\$400
Entrevista con experto en el tema del aguacate	2	\$100	\$200
Entrevista con experto en el tema del riego	2	\$100	\$200
		Subtotal	\$9,200

### Proceso de conceptualización

	Horas de trabajo	Costo por hora	Total
Formulación del problema y objetivos	5	\$40	\$200
Desarrollo del perfil de diseño de producto	40	\$100	\$400
Análisis de usuario, actividades y análogos	40	\$150	\$6,000
Desarrollo y evaluación de propuestas	50	\$150	\$7,500
Modelado 3D y presentación	40	\$150	\$6,000
Análisis de estrés de las propuestas	40	\$200	\$8,000
Encuesta a productores de aguacate	3	\$150	\$450
		Subtotal	\$28,550

### Experimentación

	Horas de trabajo	Costo por hora	Total
Diseño experimental	10	\$150	\$1,500
Construcción de captadores "Ojo de Dios"	20	\$50	\$1,000
Prueba con captadores	90 (en 3 meses)	\$40	\$3,600
Análisis resultados de captadores	20	\$100	\$2,000
Selección del material poroso	10	\$100	\$1,000
Moldes difusores	80	\$40	\$3,200
Fabricación difusores de cerámica	9 unidades	\$50	\$450
Pruebas con difusores de cerámica	30 (en un mes)	\$40	\$1,200
Análisis de resultados difusores de cerámica	20	\$100	\$2,000
Modelo funcional del captador "casa de campaña"	10	\$40	\$400
Pruebas con usuario instalación de difusores	10	\$40	\$400
Registro fotográfico	5	\$150	\$750
Material		\$1000	\$1,000
		Subtotal	\$16,500

## Desarrollo del producto

	Horas de trabajo	Costo por hora	Total
Determinación final del concepto a seguir	20	\$150	\$3,000
Búsqueda de materiales, costos y especificaciones técnicas	50	\$50	\$2,500
Bocetaje	20	\$100	\$2,000
Determinación del caudal	2	\$100	\$200
Modelado final	100	\$200	\$20,000
Análisis de estrés final	10	\$200	\$2,000
Renders finales	100	\$250	\$25,000
Diagramas de uso	10	\$200	\$2,000
Documentación	80	\$100	\$8,000
Presentación del proyecto	80	\$100	\$8,000
Planos	30	\$250	\$7,500
		Subtotal	\$80,200
		Total del desarrollo=	\$138,050

## Primer prototipo funcional

	Cantidad	Precio	Total
<b>Captador: 3 unidades</b>			
Malla sombra	3	\$370	\$1,850
Mástil de fibra de vidrio	3	\$7,800	\$23,400
Soportes	6	\$300	\$1,800
Tensores	12	\$500	\$6,000
Embudo impreso en 3D en ABS	6	\$1,000	\$6,000
Estacas	12	\$50	\$600
Fabricación de la superficie de captación	3	\$2,370	\$1,110
Instalación	10 hrs.	\$100	\$1,000
<b>Contenedor: 5 unidades</b>			
Tapa impresión 3D en ABS*	5	\$4,500	\$22,500
Soporte superior impresión 3D en ABS*	5	\$6,300	\$31,500
Soporte inferior impresión 3D en ABS*	5	\$8,500	\$42,500
Mini válvula	5	\$9.90	\$49.5
Abrazadera de inoxidable	10	\$31	\$310
Manga de riego	5	\$4	\$20

	Cantidad	Precio	Total
Filtro de bolsa	5	\$5	\$25
Tornillo 3/16"	10	\$0.85	\$8.5
Tuerca 3/16"	10	\$0.37	\$3.7
Difusor: 5 conjuntos			
Manguera/poliducto 16 mm	30	\$2.04	\$61.2
Cople en T	15	\$2.10	\$31.5
Molde del difusor	1	\$100	\$100
Difusores	20	\$10	\$200
Instalación	20 hrs.	\$100	\$2,000
Observación y registro de datos	30 días	\$300	\$9,000
Evaluación del sistema	100 hrs.	\$100	\$10,000
<b>Total primer prototipo=</b>			<b>\$160,069</b>

La parte del proyecto que abarca desde la identificación del problema hasta el desarrollo del producto se encuentra expuesta dentro de este documento.

El desarrollo de este proyecto requiere de un tiempo prolongado de pruebas funcionales sobre el sistema para asegurar que representará un beneficio para el cultivo y el agricultor. Sin embargo, de probarse su eficiencia podría significar una opción más accesible para los usuarios y menos dañina para los recursos de agua y suelo. Es por ello que se requiere continuar su desarrollo mediante la comprobación de las propuestas realizadas en su ambiente real, probando el diseño propuesto.

Se tomó en cuenta que para realizar las pruebas de las unidades de captación se requerirán tres repeticiones, éstas podrán ser construidas de la forma en que se harían las piezas para producción, a excepción de los embudos, en este caso se proponen en impresión 3D para sustituir la inyección de plástico.

Mientras que para las pruebas de estructura y funcionalidad del contenedor se aplicará en repetición de 5 unidades, éstas serán impresas en 3D, evitando así hacer un gasto de cerca de \$400,000.00 en moldes de inyección para pruebas.

Los difusores de cerámica se podrán probar directamente en el material deseado y fabricados como se haría en la producción.

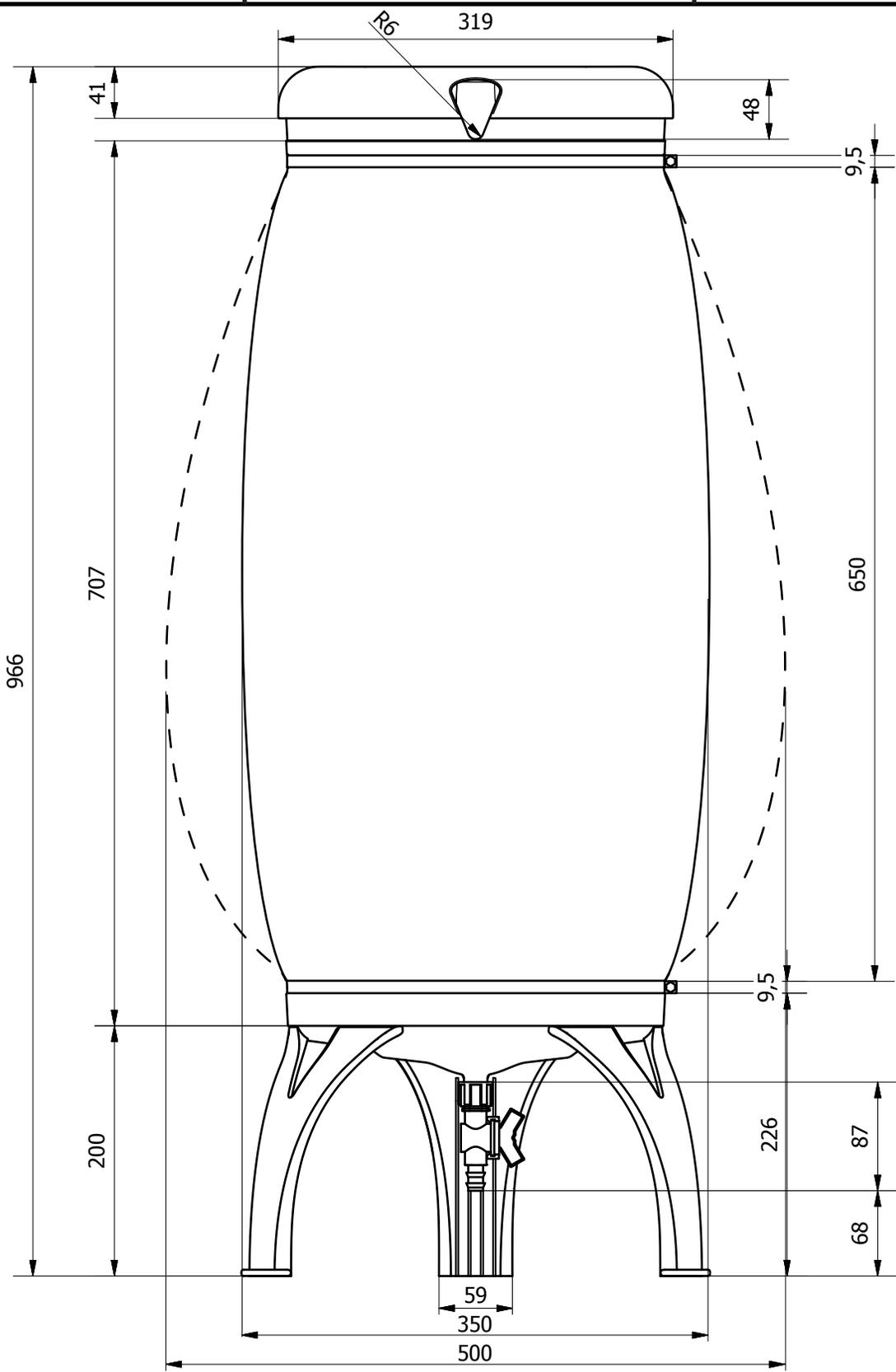
\* Para pruebas de funcionalidad y mejoras del diseño.

PLANOS

1

2

3



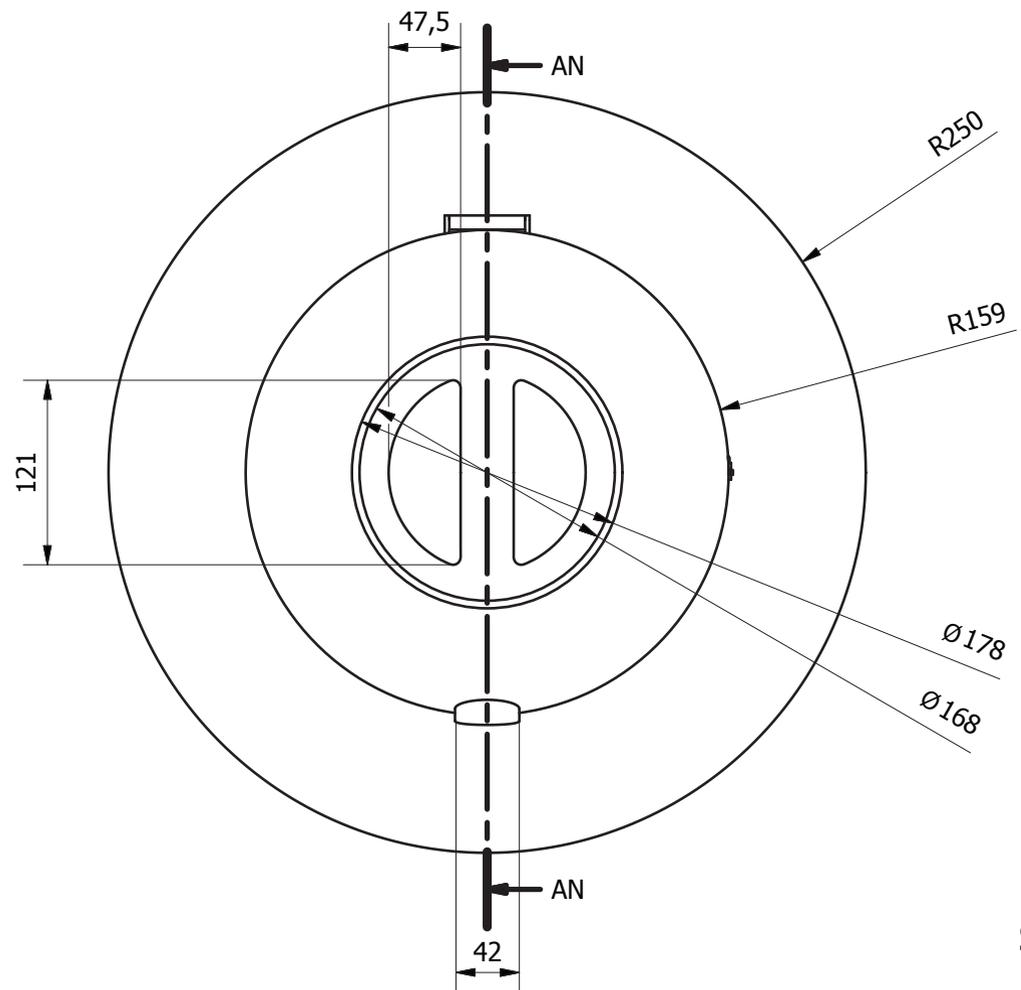
A

B

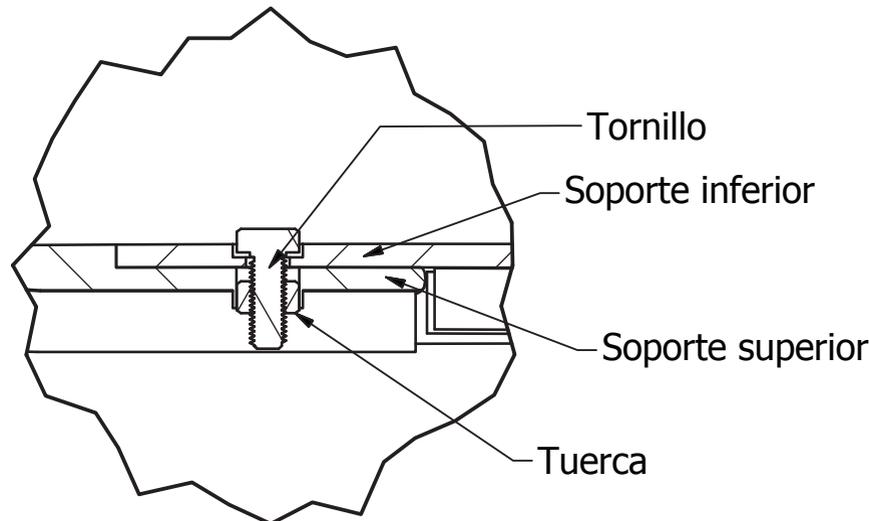
C

D

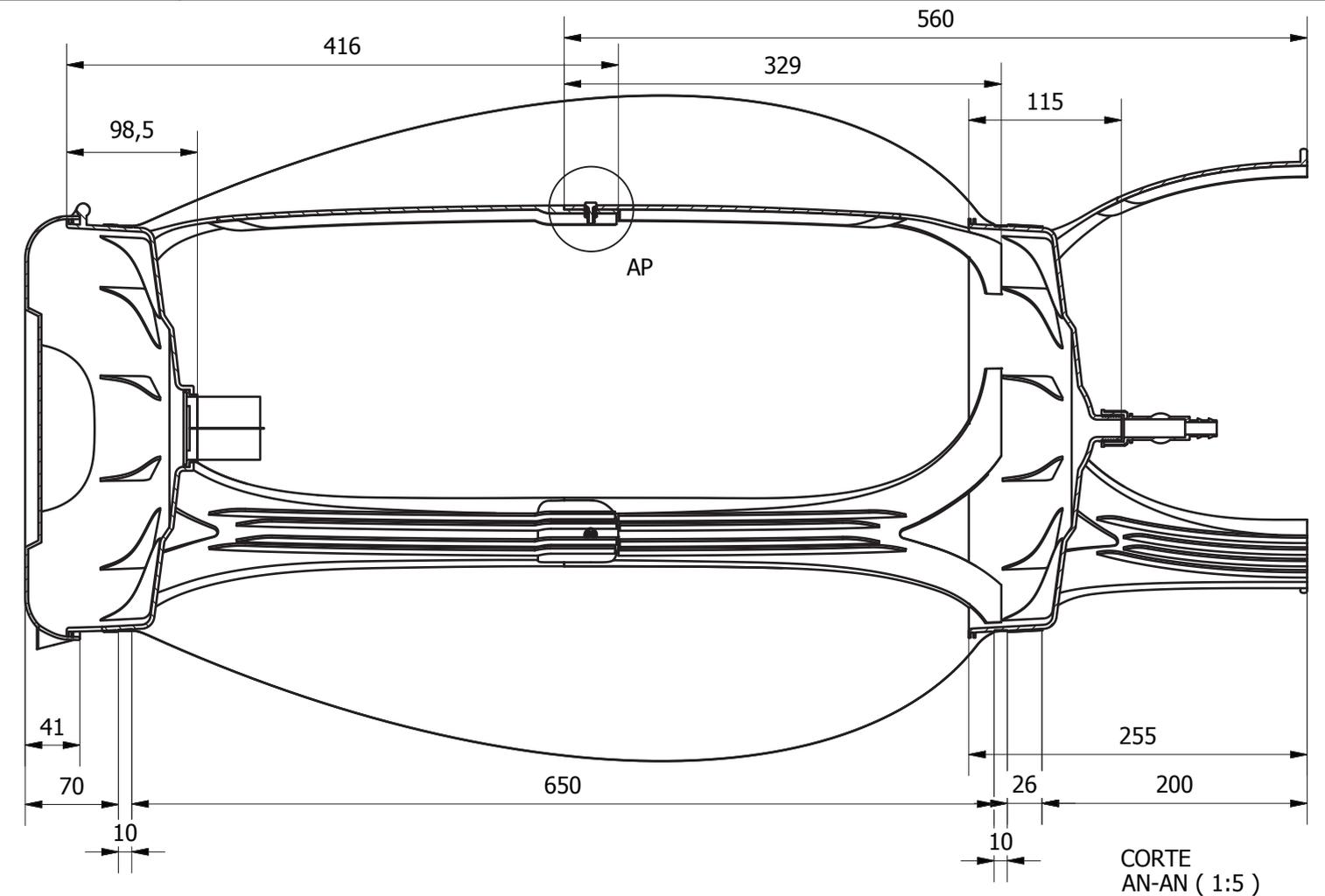
Juárez Robles Diana Elizabeth	carta	COTAS mm	FECHA 03/03/2014	 
CIDI-UNAM	SISTEMA DE CAPTACIÓN DE AGUA Y RIEGO Contenedor			
	Vistas Generales	Escala 1:5	Hoja 1 / 19	



SUPERIOR



DETALLE UNIÓN  
AP ( 1 : 1 )



CORTE  
AN-AN ( 1:5 )

Juárez Robles Diana Elizabeth	doblecarta	COTAS mm	FECHA 03/03/2014	
<b>CIDI-UNAM</b>		SISTEMA DE CAPTACIÓN DE AGUA Y RIEGO <b>Contenedor</b>		
		Vistas Generales	Escala 1:5	Hoja 2 / 19

1

2

3

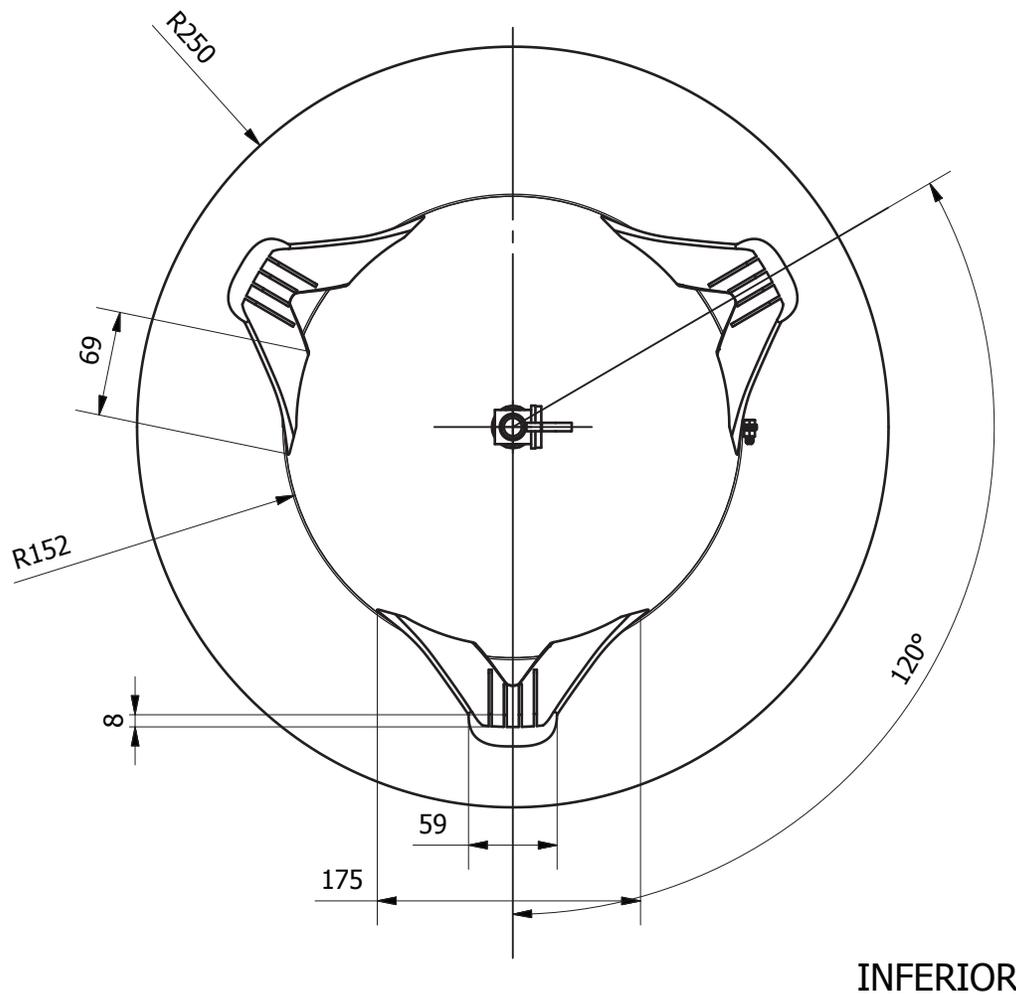
A

B



C

D



Juárez Robles Diana Elizabeth

carta

COTAS  
mm

FECHA  
03/03/2014



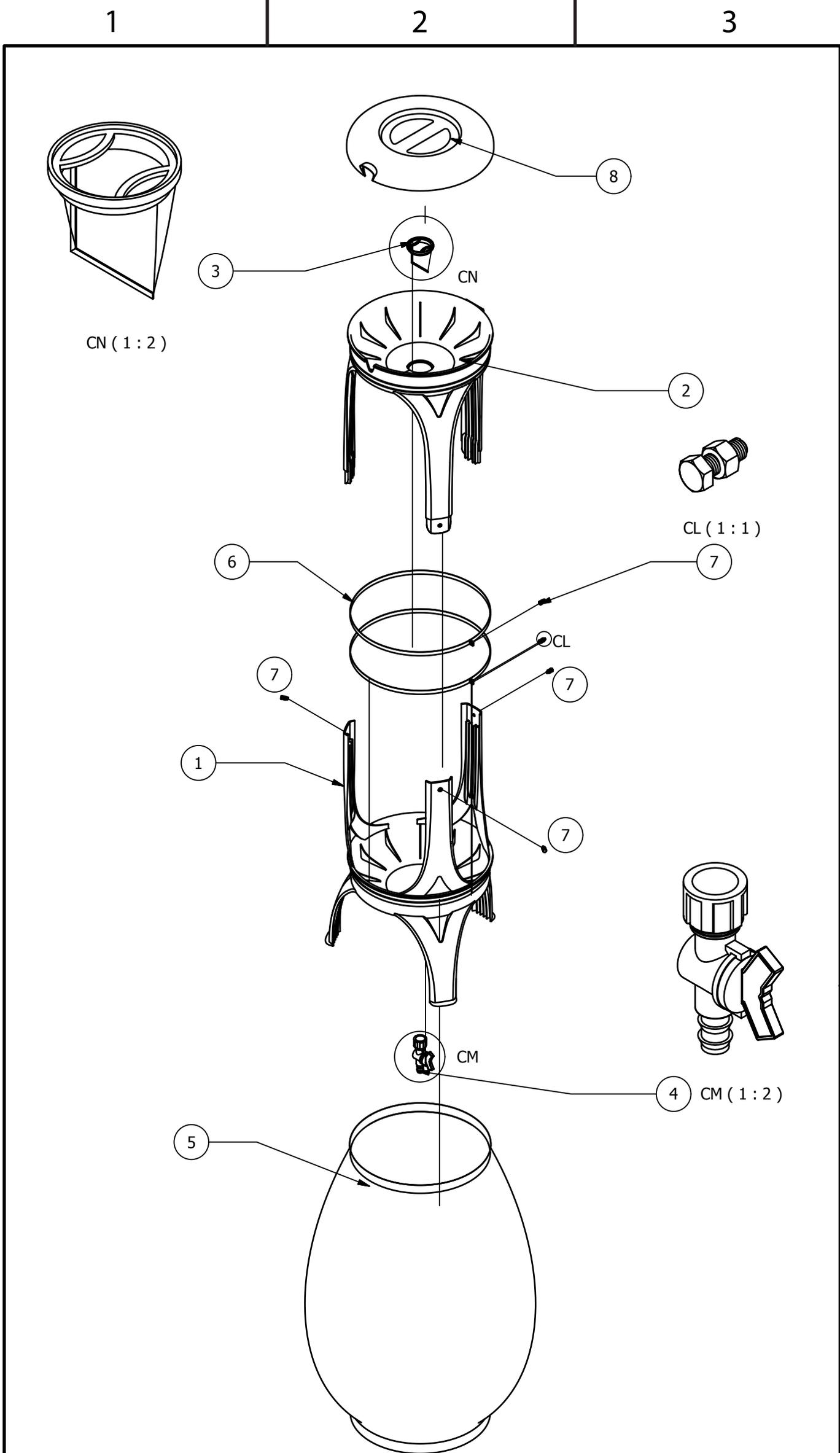
CIDI-UNAM

SISTEMA DE CAPTACIÓN DE AGUA Y RIEGO  
Contenedor

Vistas Generales

Escala  
1:5

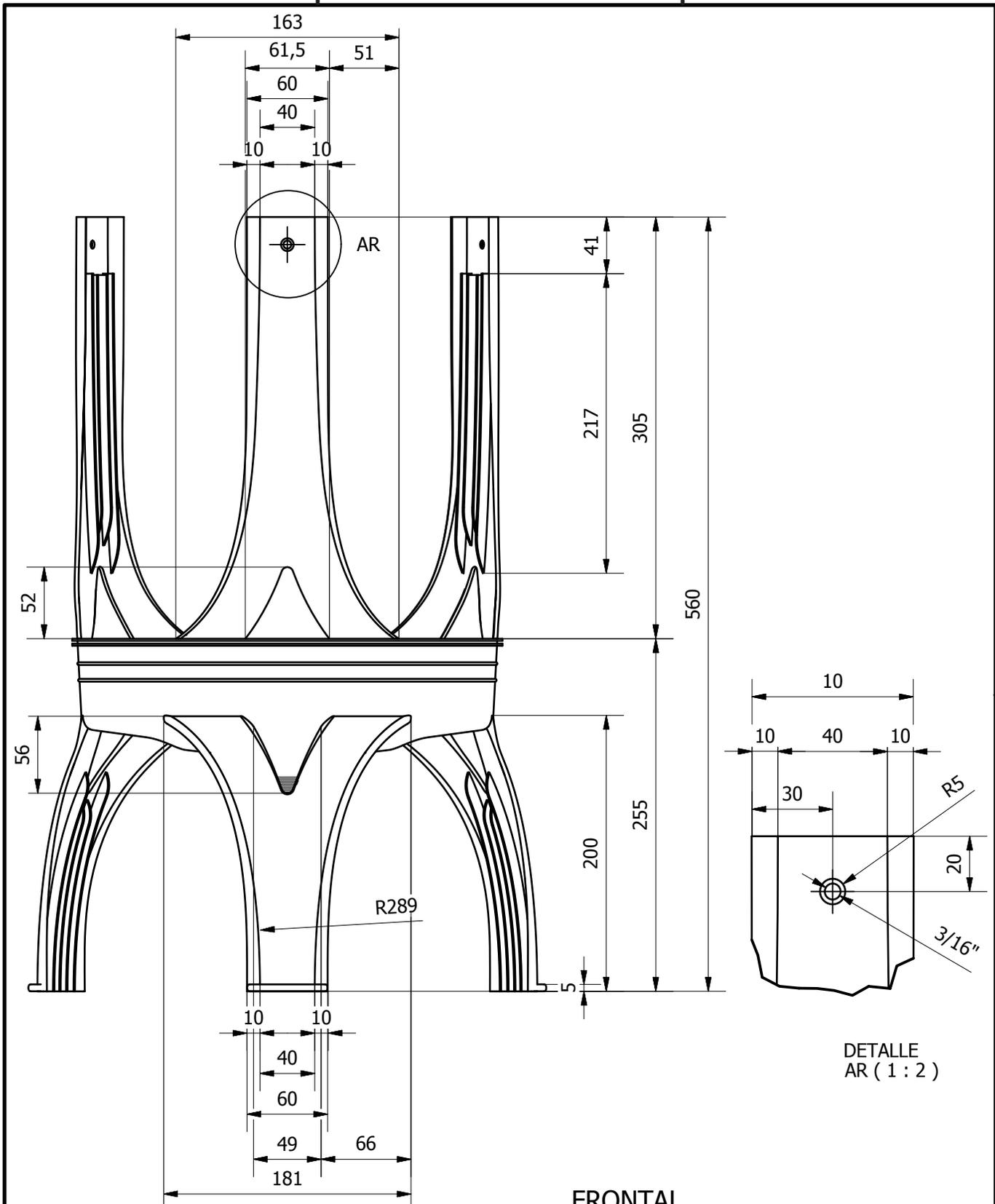
Hoja  
3 / 19



LISTA DE PIEZAS

ELEMENTO	CTDAD	Nº DE PIEZA	DESCRIPCIÓN
1	1	Estructura inferior	Inyección HDPE
2	1	Estructura superior	Inyección HDPE
3	1	Filtro de bolsa	PC01
4	1	Mini válvula	PCO2
5	1	Bolsa de almacenaje	PCO3
6	2	Abrazadera	Dobles acero inoxidable
7	4	Tornillo y tuerca	PCO4
8	1	Tapa	Inyección HDPE

Juárez Robles Diana Elizabeth	doblecarta	COTAS mm	FECHA 03/03/2014	
CIDI-UNAM	SISTEMA DE CAPTACIÓN DE AGUA Y RIEGO Contenedor			
	Explosivo	Escala 1:10	Hoja 4 / 19	



FRONTAL

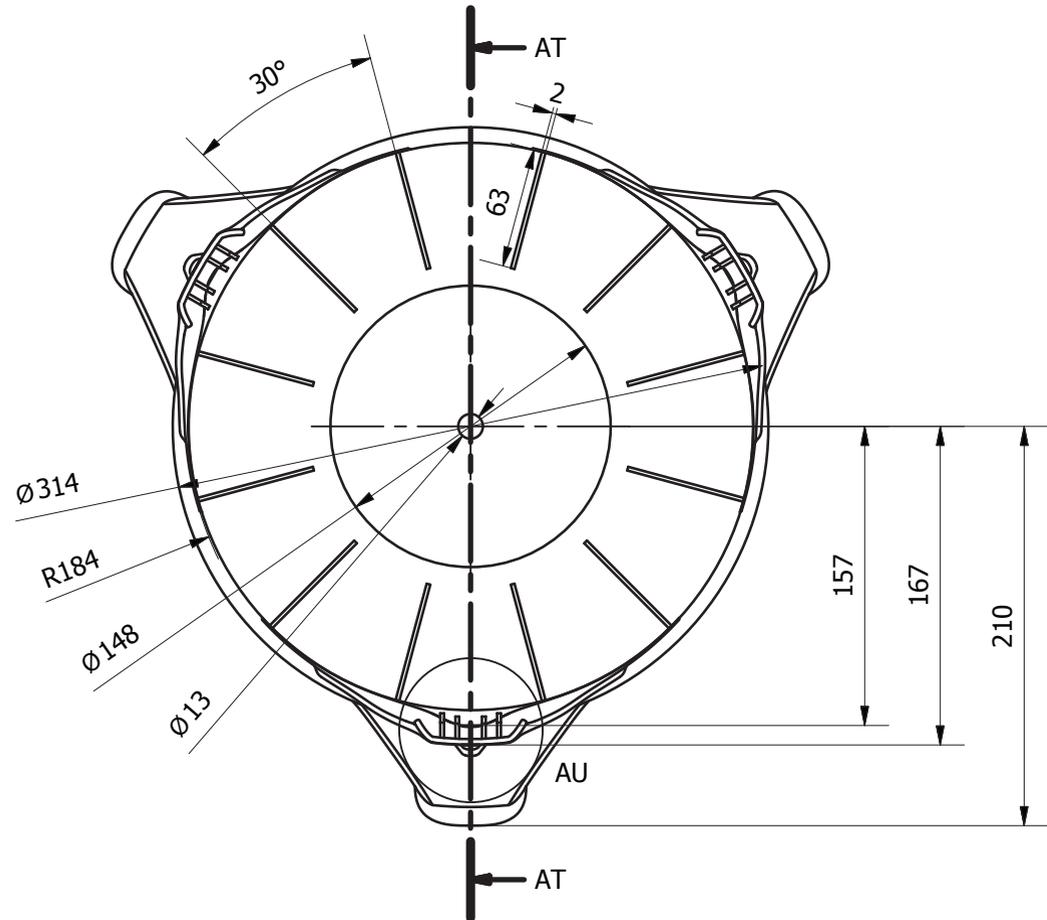
Juárez Robles Diana Elizabeth	carta	COTAS mm	FECHA 03/03/2014	
CIDI-UNAM	SISTEMA DE CAPTACIÓN DE AGUA Y RIEGO Estructura inferior			
	Vistas Generales	Escala 1:4	Hoja 5 / 19	

A

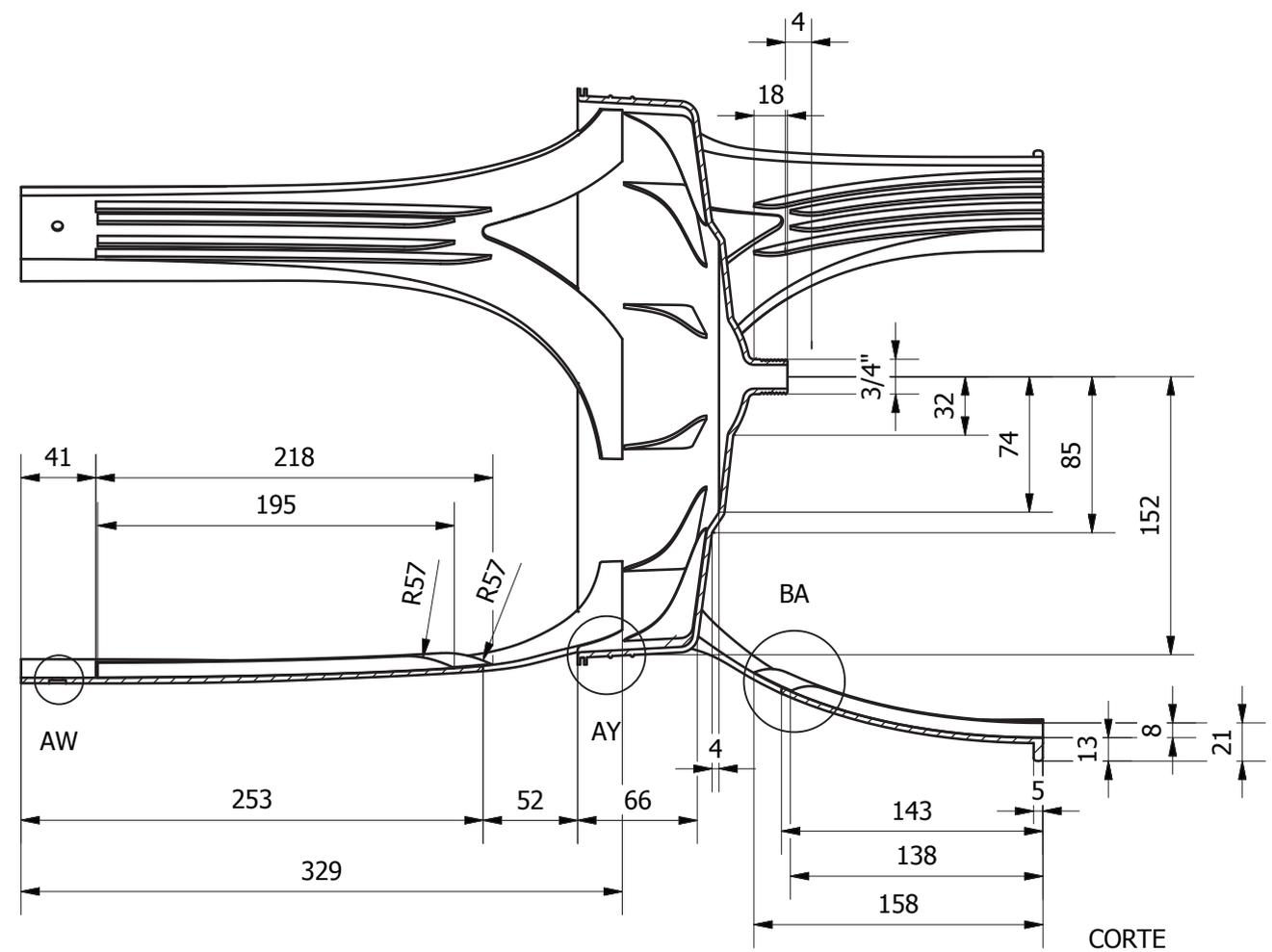
B

C

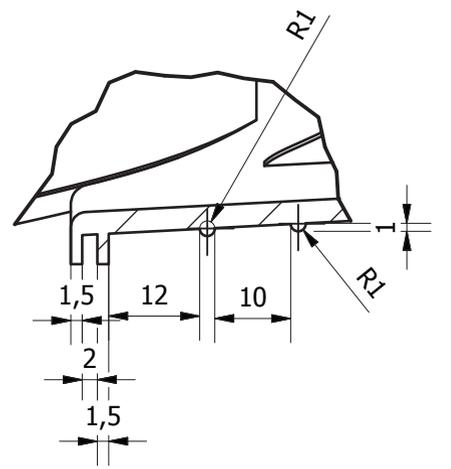
D



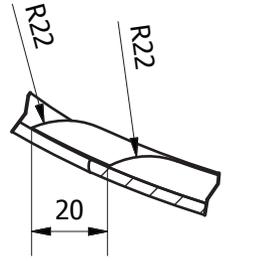
SUPERIOR



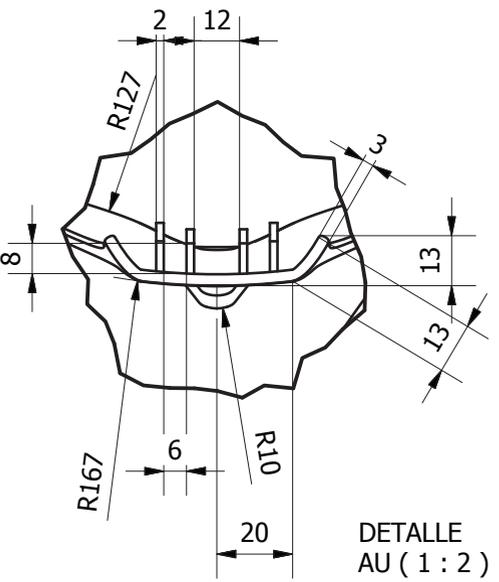
CORTE AT-AT (1:4)



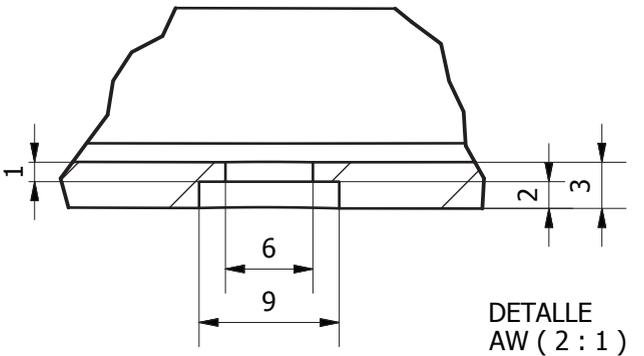
DETALLE AY (1:1)



BA (1:2) DETALLE



DETALLE AU (1:2)



DETALLE AW (2:1)

Juárez Robles Diana Elizabeth	doblecarta	COTAS mm	FECHA 03/03/2014	
<b>CIDI-UNAM</b>		SISTEMA DE CAPTACIÓN DE AGUA Y RIEGO Estructura inferior		
		Vistas generales	Escala 1:4	Hoja 6 / 19

1

2

3

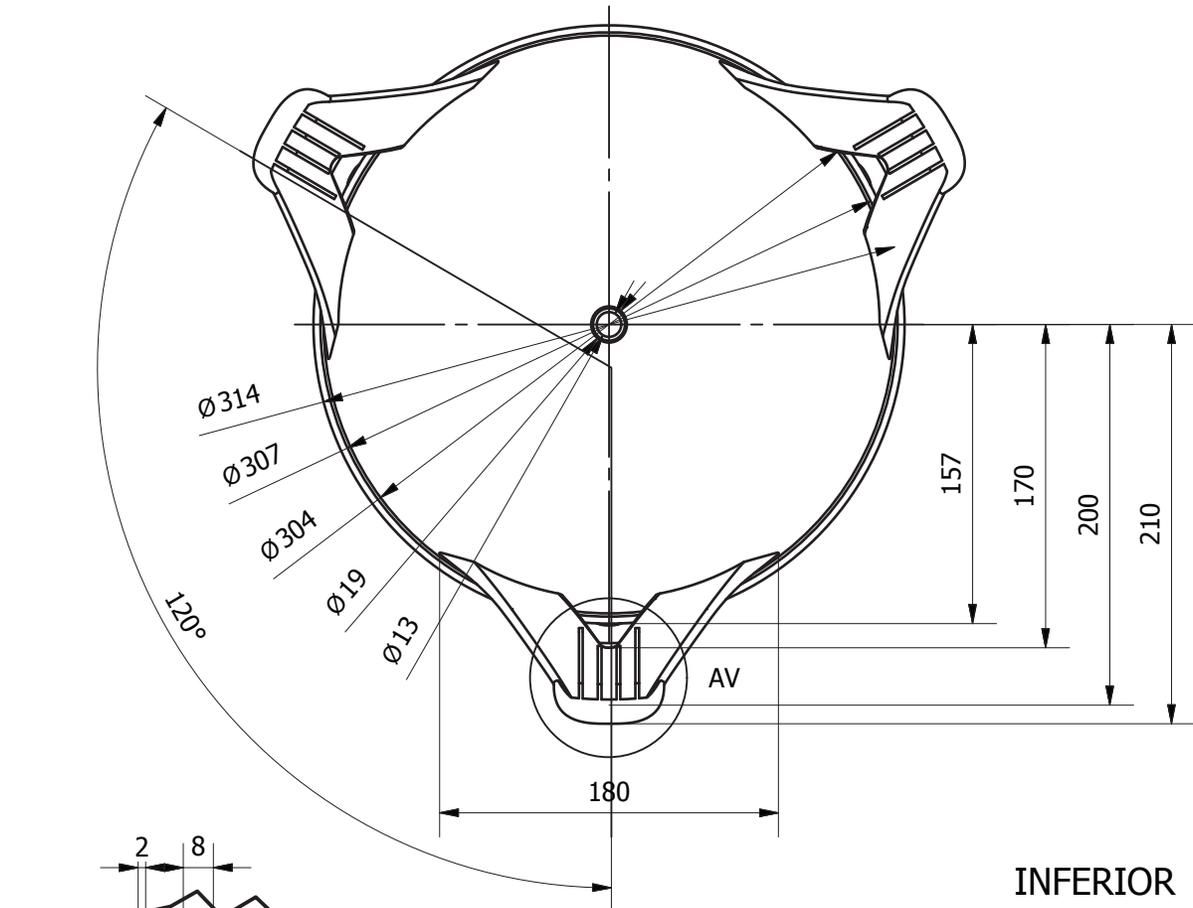
A

B



C

D



DETALLE  
AV (1 : 2)

Juárez Robles Diana Elizabeth

carta

COTAS  
mm

FECHA  
03/03/2014



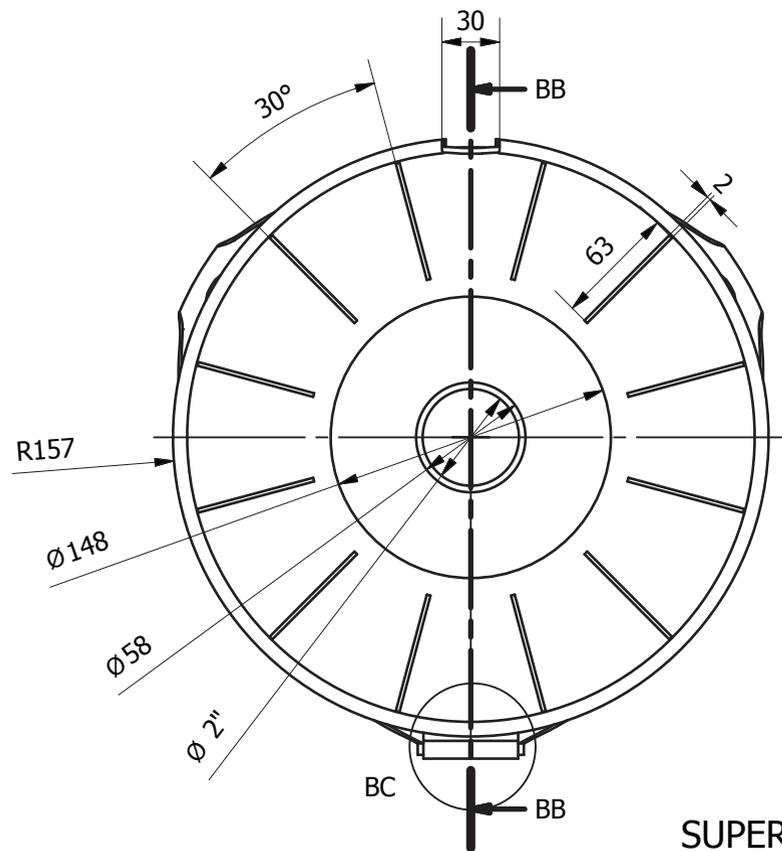
CIDI-UNAM

SISTEMA DE CAPTACIÓN DE AGUA Y RIEGO  
Estructura inferior

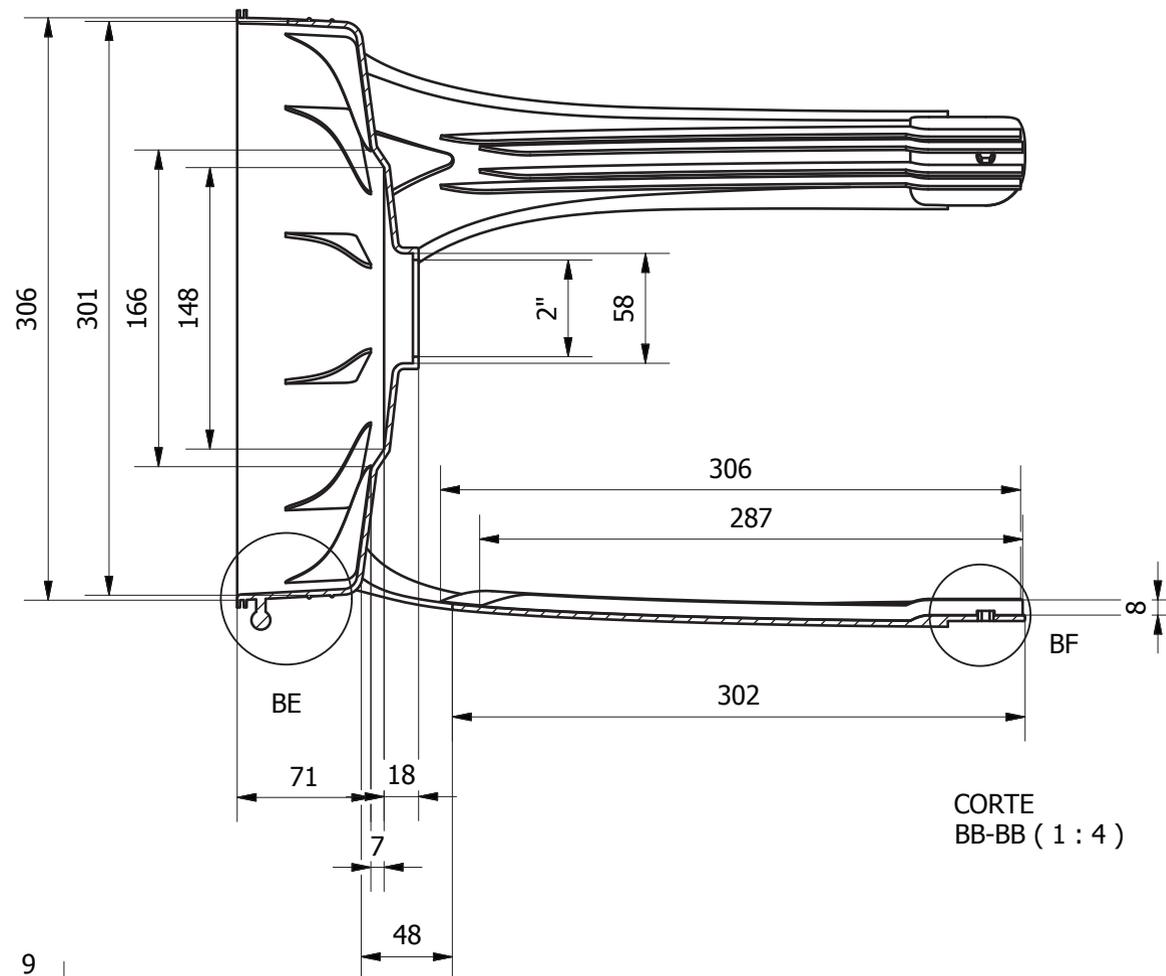
Vistas generales

Escala  
1:4

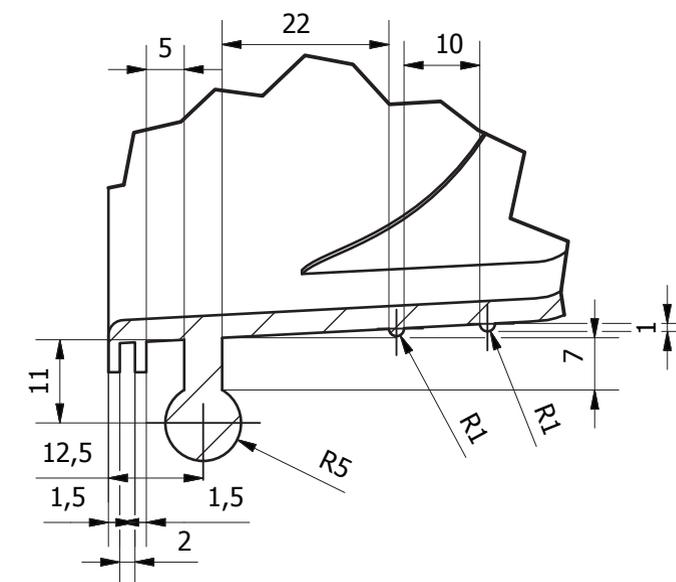
Hoja  
7 / 19



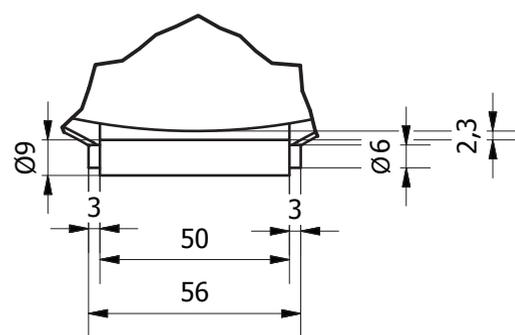
SUPERIOR



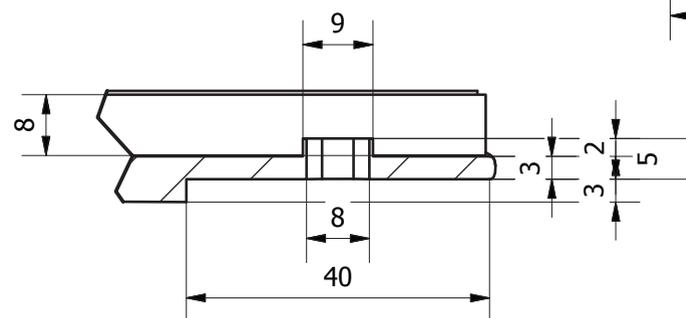
CORTE  
BB-BB ( 1 : 4 )



DETALLE  
BE ( 1 : 1 )



DETALLE  
BC ( 1 : 2 )



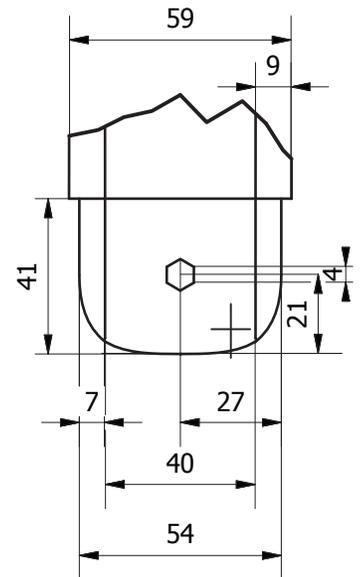
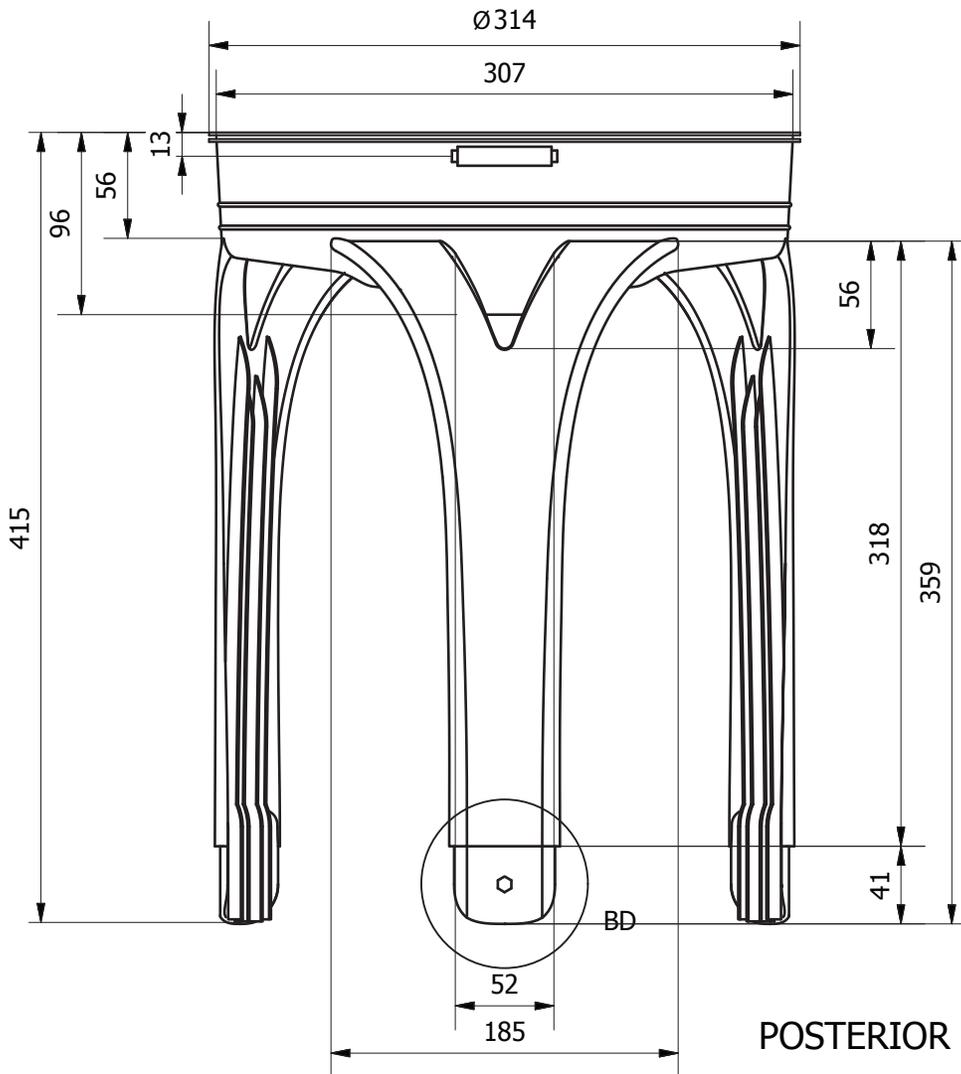
DETALLE  
BF ( 1 : 1 )

Juárez Robles Diana Elizabeth	doblecarta	COTAS mm	FECHA 03/03/2014	
CIDI-UNAM		SISTEMA DE CAPTACIÓN DE AGUA Y RIEGO Estructura superior		
		Vistas generales	Escala 1:4	Hoja 8 / 19

1

2

3



DETALLE  
BD ( 1 : 2 )

A

B

C

D

Juárez Robles Diana Elizabeth

carta

COTAS  
mm

FECHA  
03/03/2014



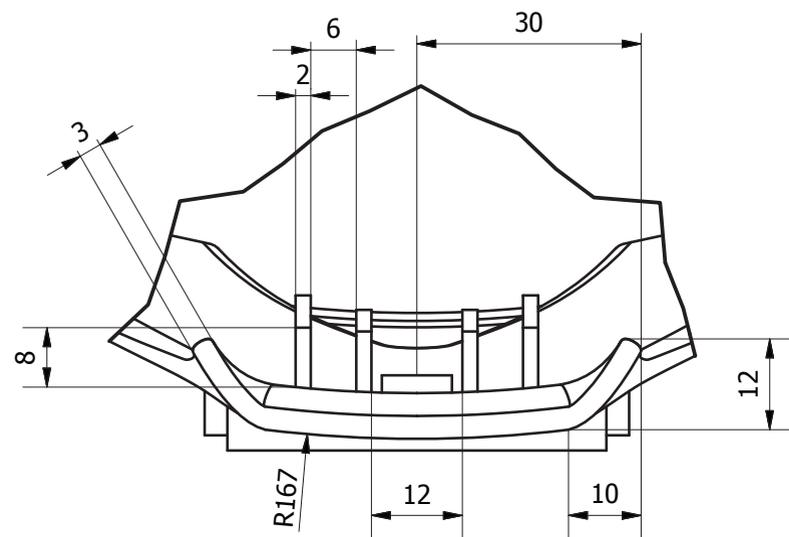
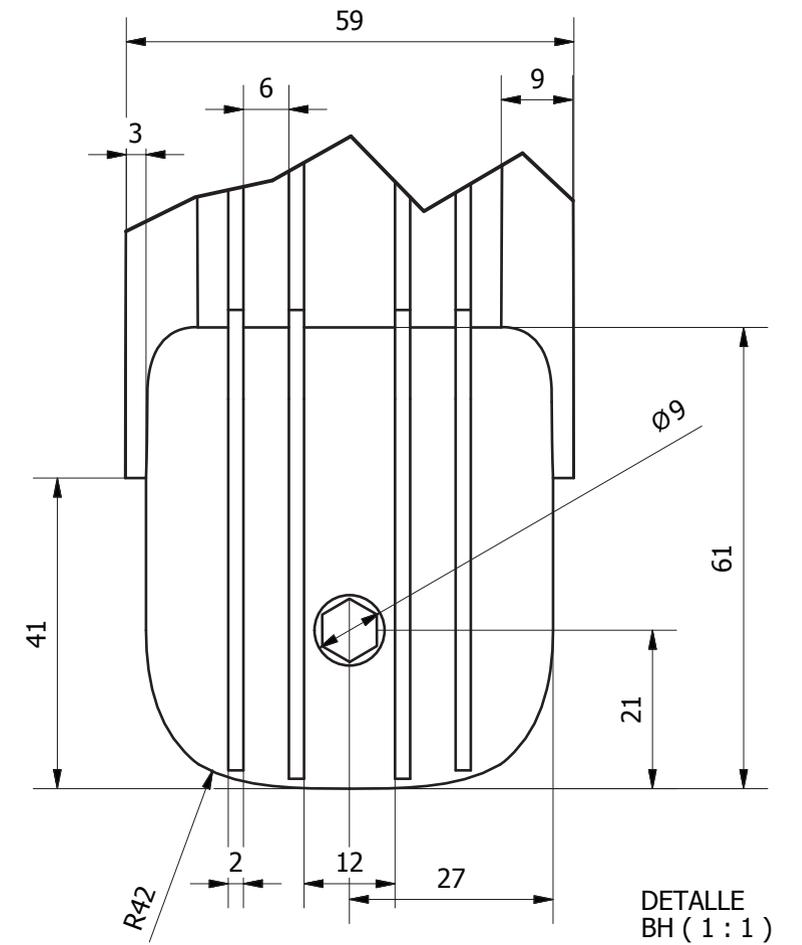
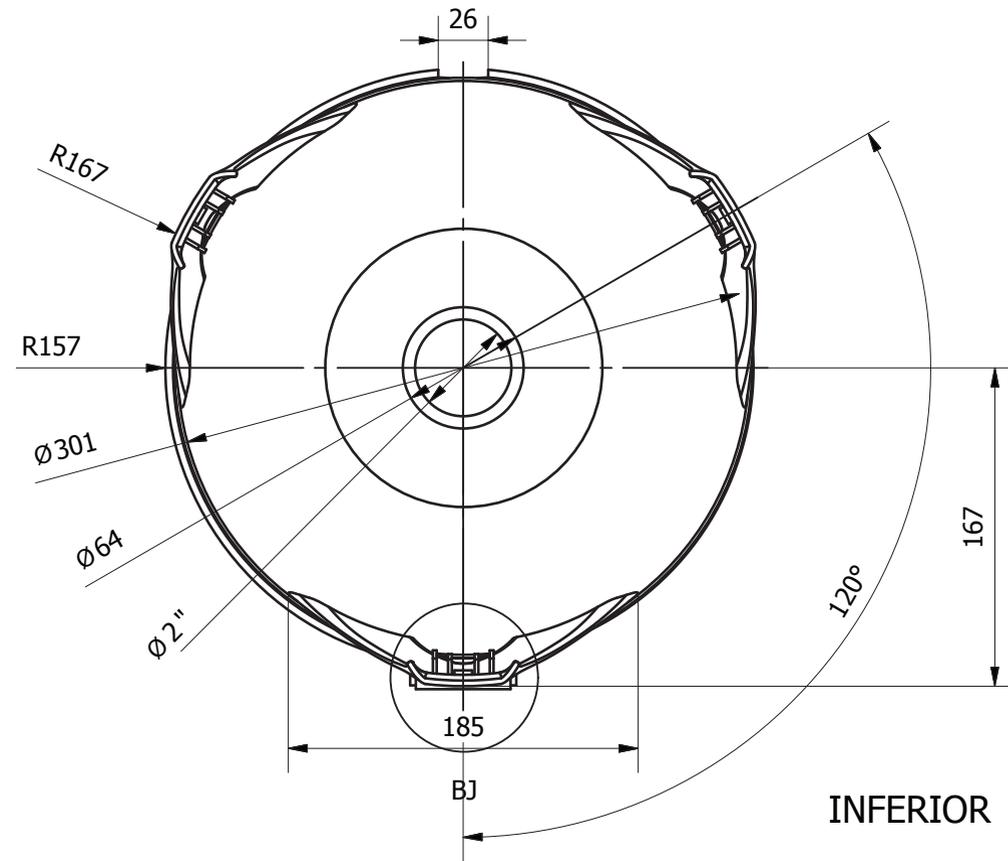
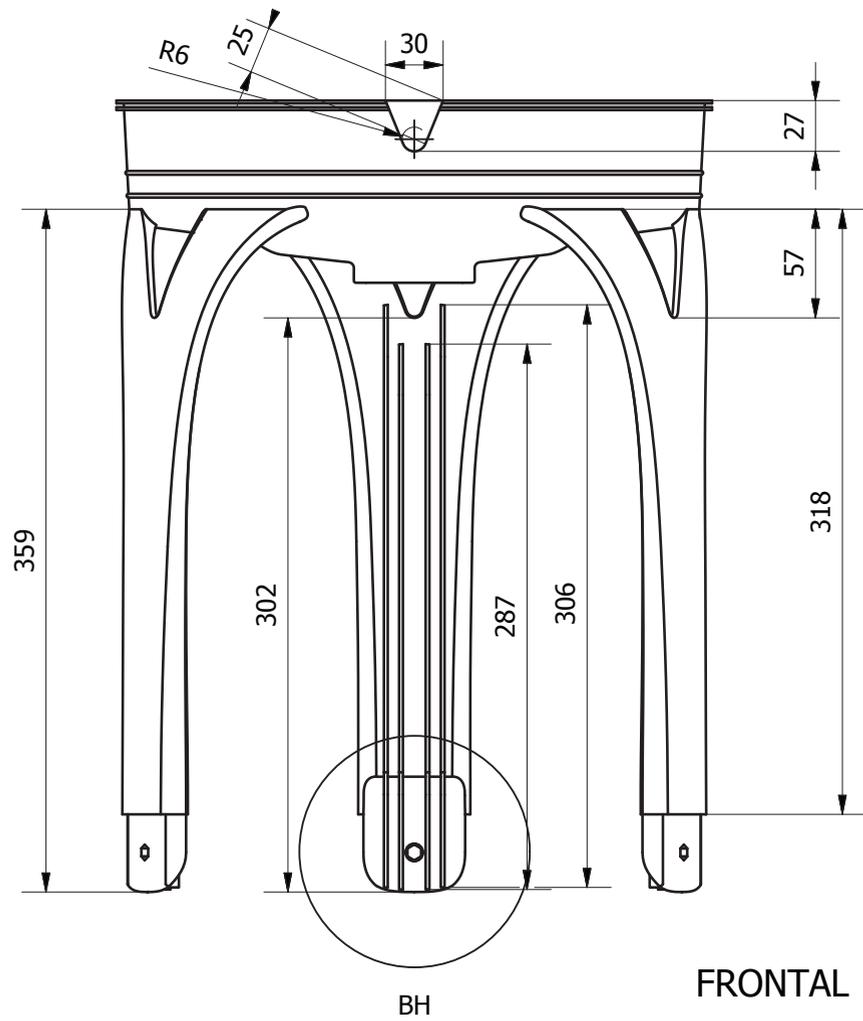
CIDI-UNAM

SISTEMA DE CAPTACIÓN DE AGUA Y RIEGO  
Estructura superior

Vistas generales

Escala  
1:4

Hoja  
9 / 19



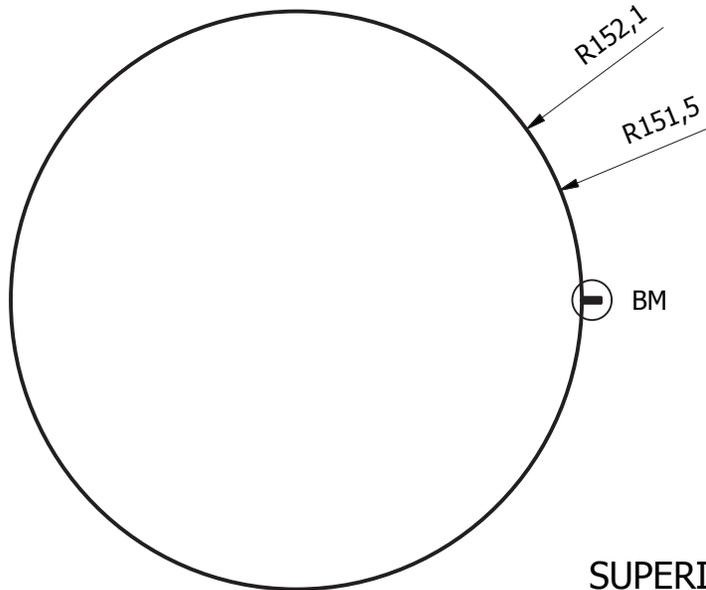
Juárez Robles Diana Elizabeth	doblecarta	COTAS mm	FECHA 03/03/2014	
CIDI-UNAM		SISTEMA DE CAPTACIÓN DE AGUA Y RIEGO Estructura superior		
		Vistas generales	Escala 1:4	Hoja 10/19



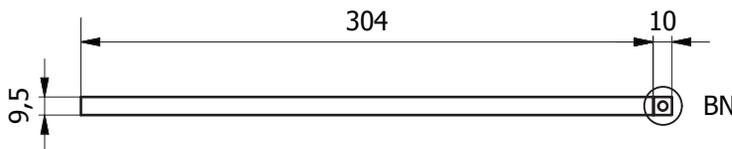
1

2

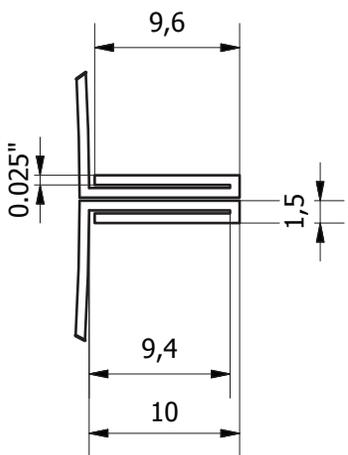
3



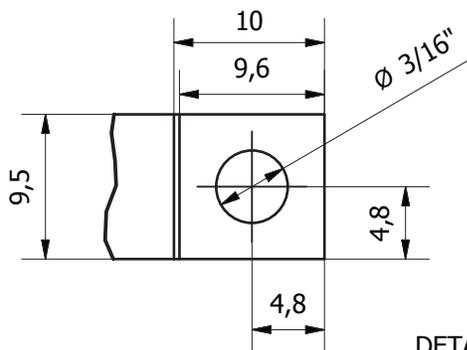
SUPERIOR



FRONTAL



DETALLE  
BM ( 2 : 1 )



DETALLE  
BN ( 2 : 1 )

Juárez Robles Diana Elizabeth

carta

COTAS  
mm

FECHA  
03/03/2014



CIDI-UNAM

SISTEMA DE CAPTACIÓN DE AGUA Y RIEGO  
Abrazadera

Vistas Generales

Escala  
1:4

Hoja  
12/19

A

B



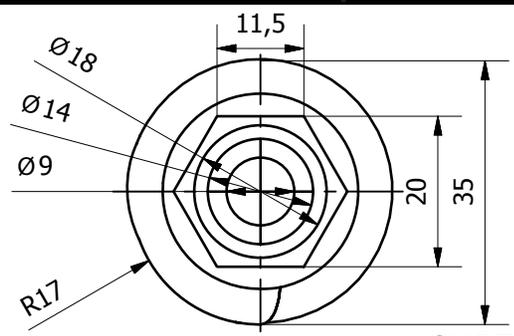
C

D

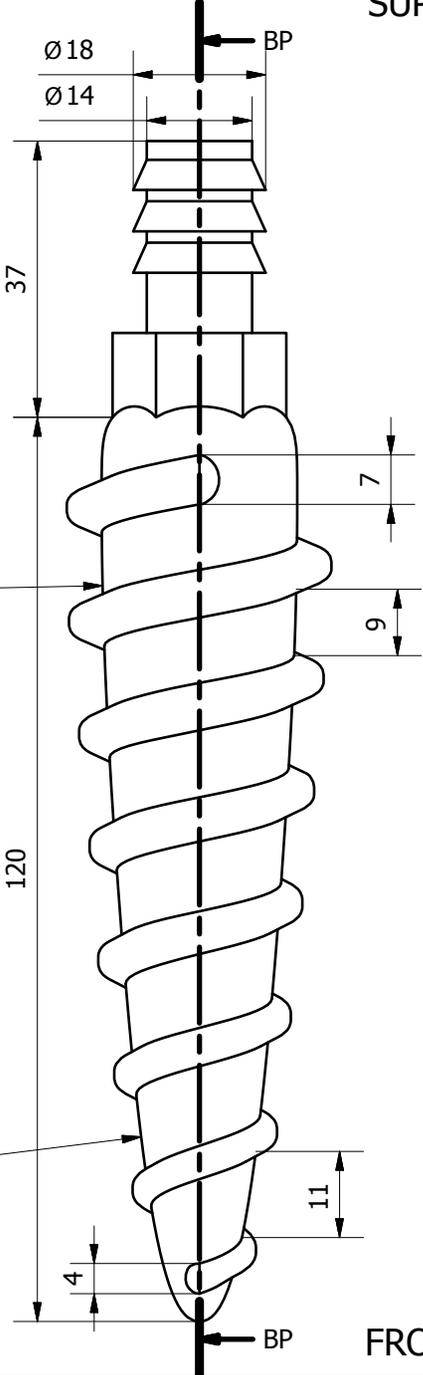
1

2

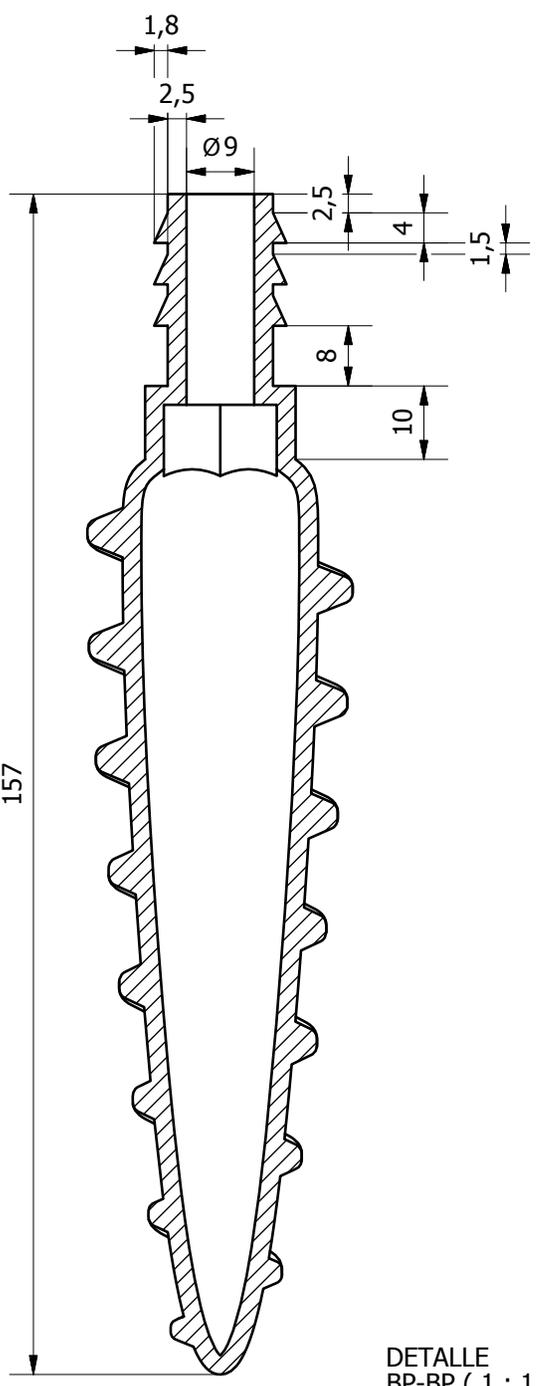
3



SUPERIOR



FRONTAL



DETALLE  
BP-BP ( 1 : 1 )

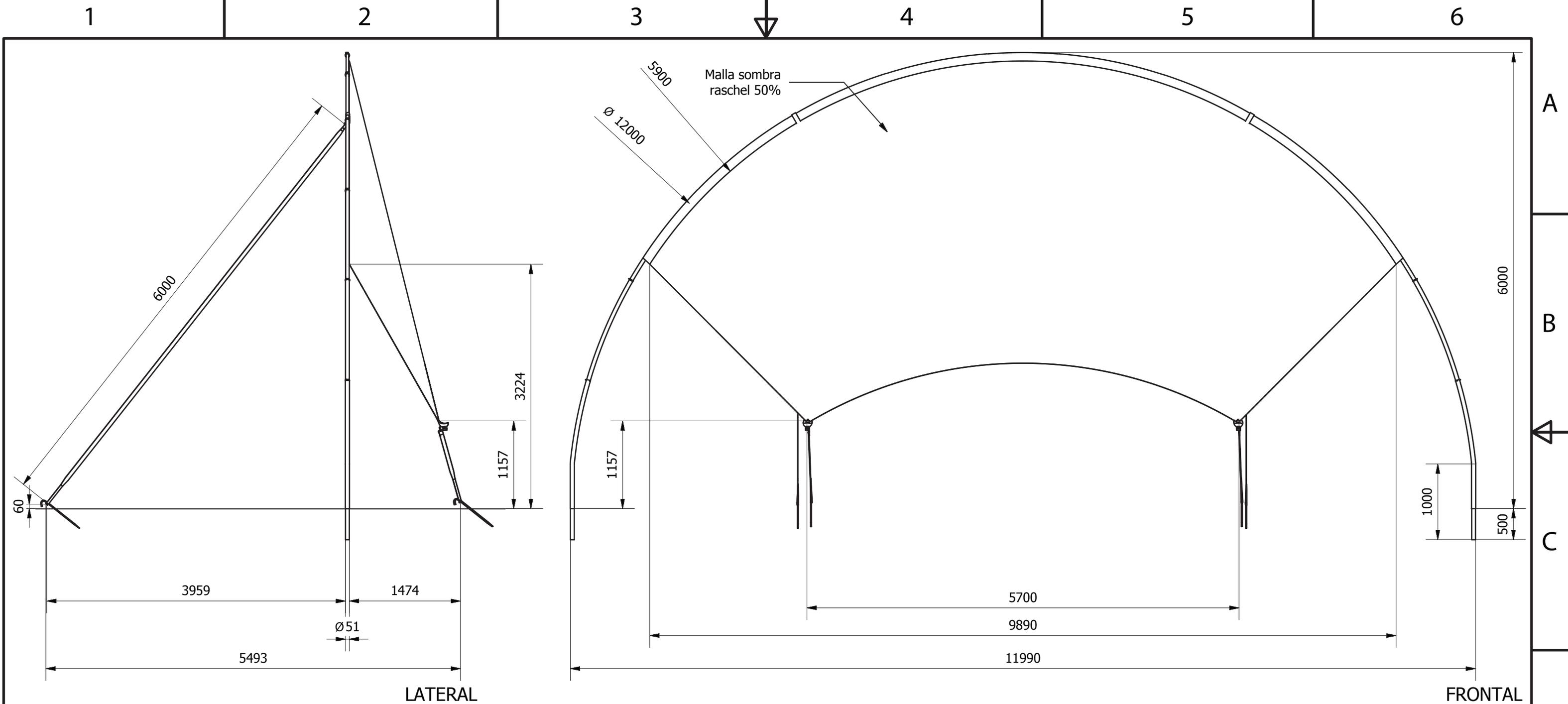
A

B

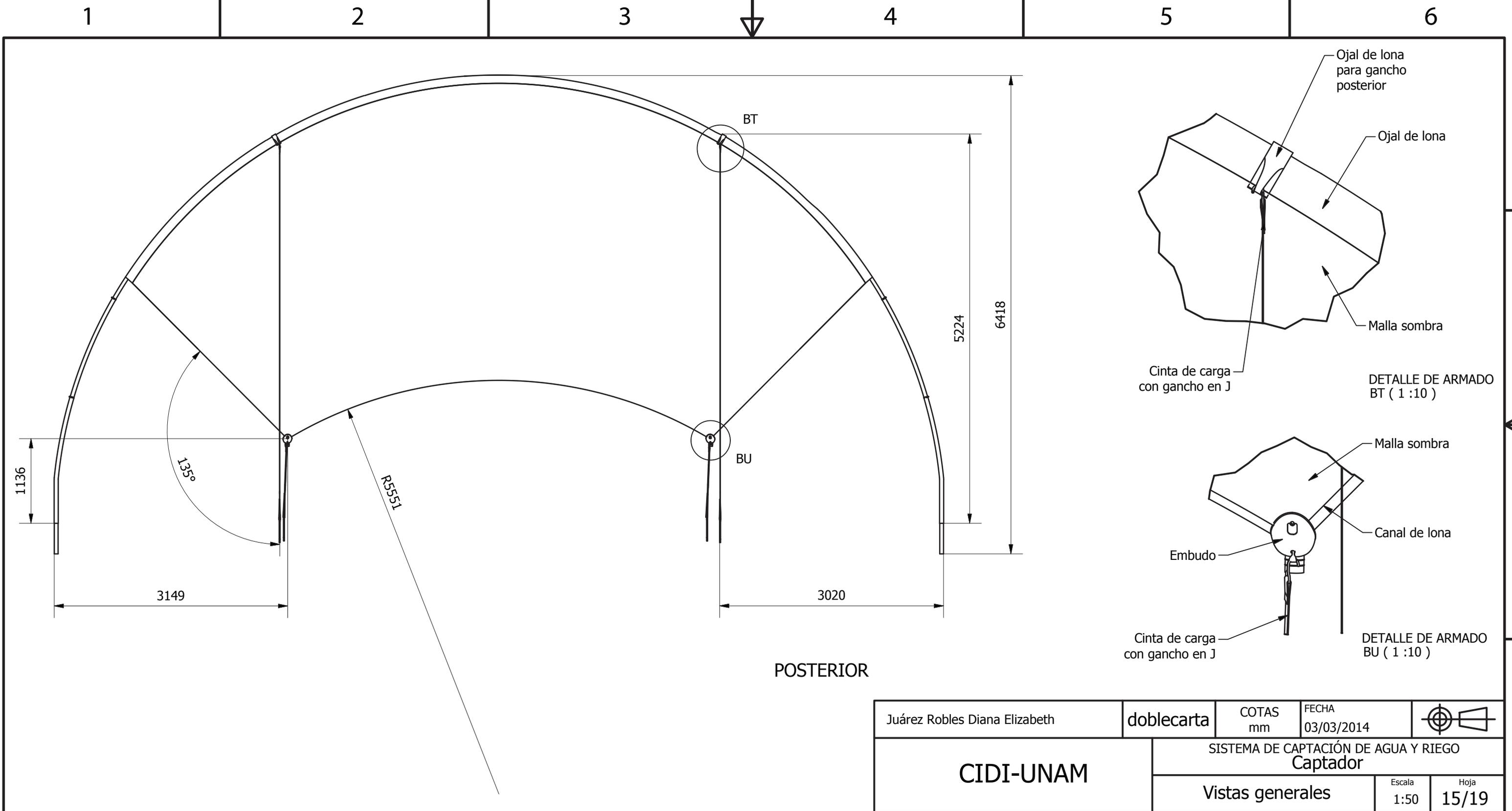
C

D

Juárez Robles Diana Elizabeth	carta	COTAS mm	FECHA 03/03/2014	
<b>CIDI-UNAM</b>		SISTEMA DE CAPTACIÓN DE AGUA Y RIEGO <b>Difusor</b>		
		Vistas Generales	Escala 1:1	Hoja 13/19



Juárez Robles Diana Elizabeth	doblecarta	COTAS mm	FECHA 03/03/2014	
<b>CIDI-UNAM</b>		SISTEMA DE CAPTACIÓN DE AGUA Y RIEGO <b>Captador</b>		
		Vistas generales	Escala 1:50	Hoja 14/19

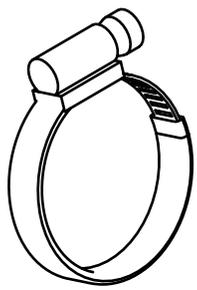


Juárez Robles Diana Elizabeth	doblecarta	COTAS mm	FECHA 03/03/2014	
CIDI-UNAM	SISTEMA DE CAPTACIÓN DE AGUA Y RIEGO Captador			
	Vistas generales	Escala 1:50	Hoja 15/19	

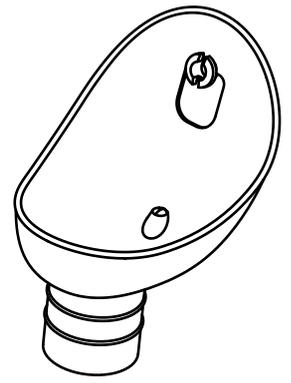
1

2

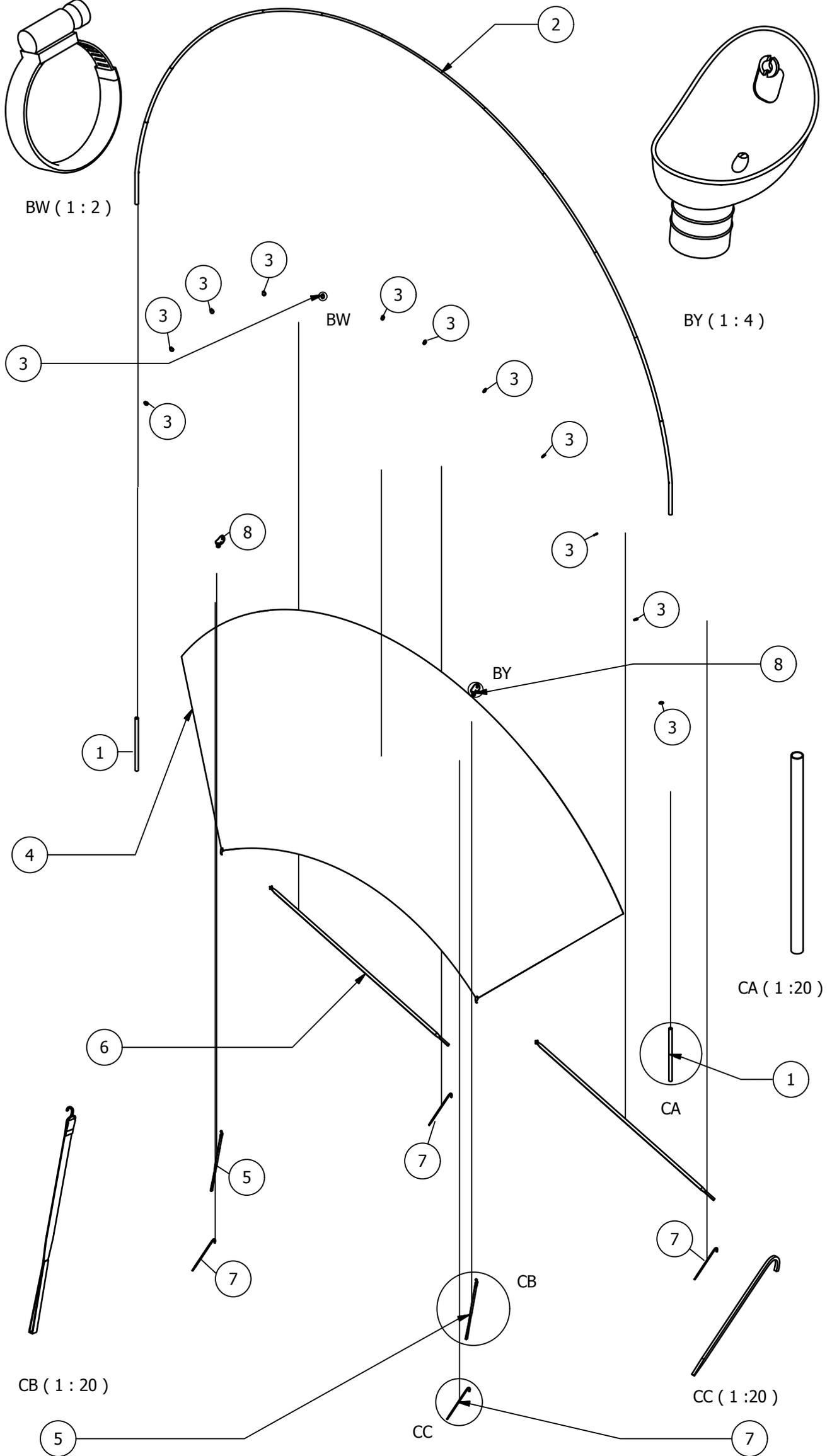
3



BW ( 1 : 2 )



BY ( 1 : 4 )



CA ( 1 : 20 )

CA

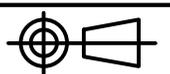
CC ( 1 : 20 )

## LISTA DE PIEZAS

ELEMENTO	CTDAD	Nº DE PIEZA	DESCRIPCIÓN
1	2	soporte tubo	PC1-con corte
2	1	tubo en arco	PC2
3	12	abrazadera	PC3
4	1	malla	Malla sombra
5	2	tensor chico	PC4
6	2	tensor grande	PC4
7	4	estaca	PC5
8	2	embudo 2in	Inyección HDPE

Juárez Robles Diana Elizabeth

doblecarta

COTAS  
mmFECHA  
03/03/2014

CIDI-UNAM

SISTEMA DE CAPTACIÓN DE AGUA Y RIEGO  
Captador

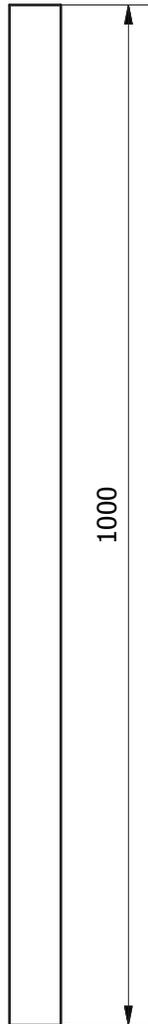
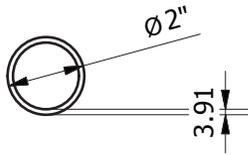
Explosivo

Escala  
1:75Hoja  
16/19

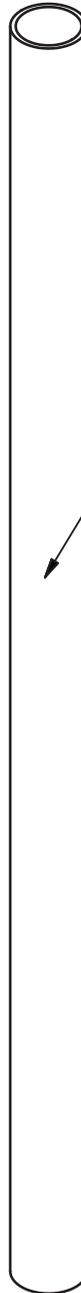
1

2

3



FRONTAL  
1:75



Tubo de acero galvanizado  
Cédula 40

A

B



C

D

Juárez Robles Diana Elizabeth

carta

COTAS  
mm

FECHA  
03/03/2014



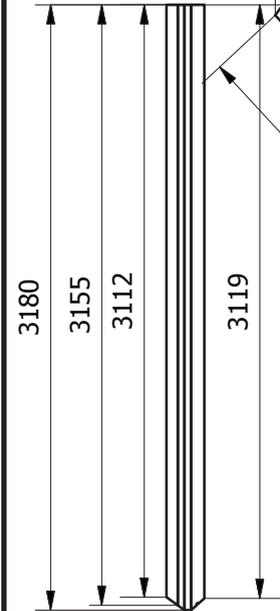
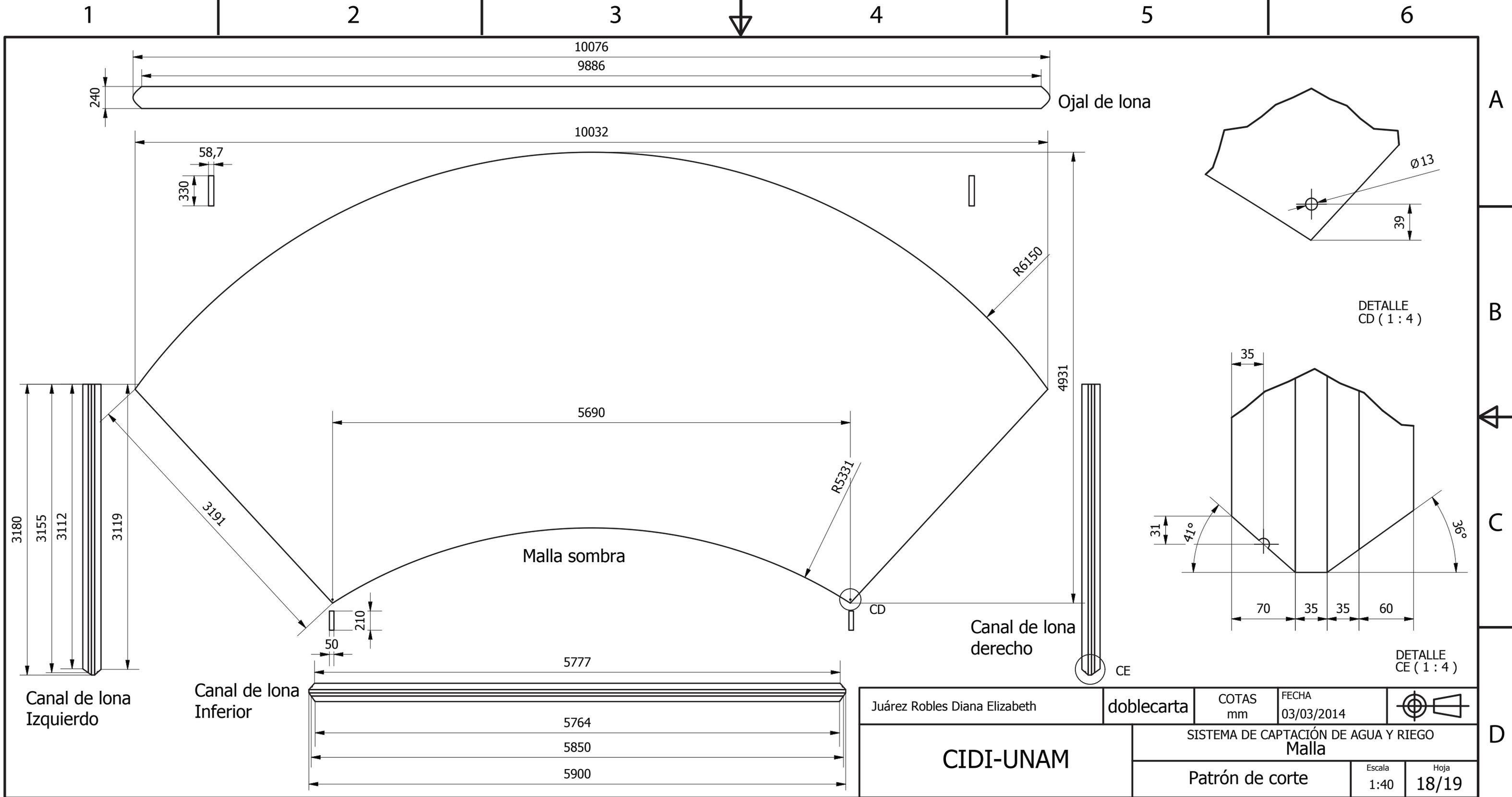
CIDI-UNAM

SISTEMA DE CAPTACIÓN DE AGUA Y RIEGO  
Soporte tubo

Vistas Generales

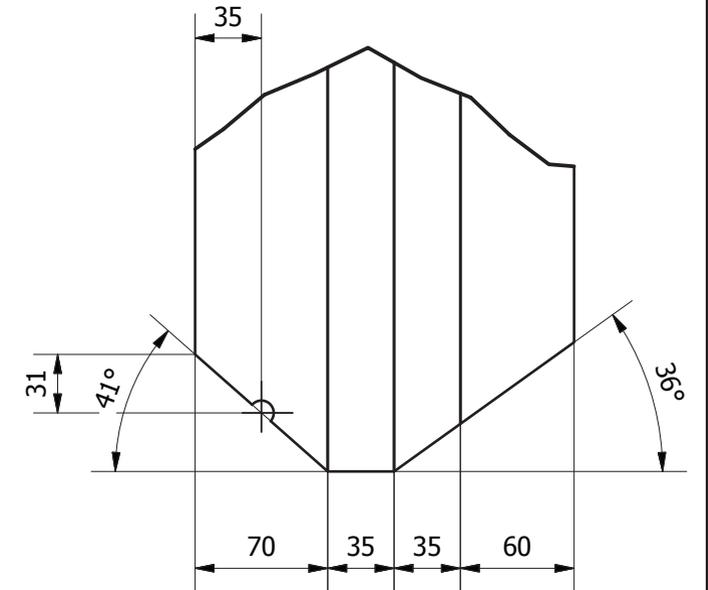
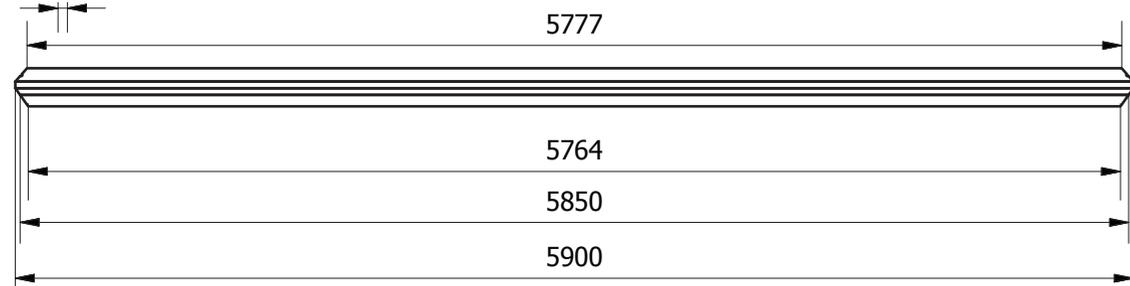
Escala  
1:50

Hoja  
17/19



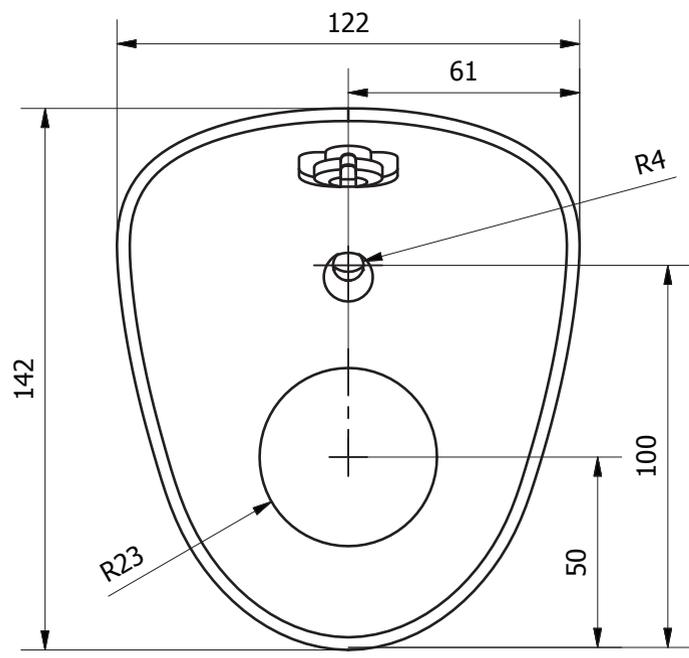
Canal de lona Izquierdo

Canal de lona Inferior

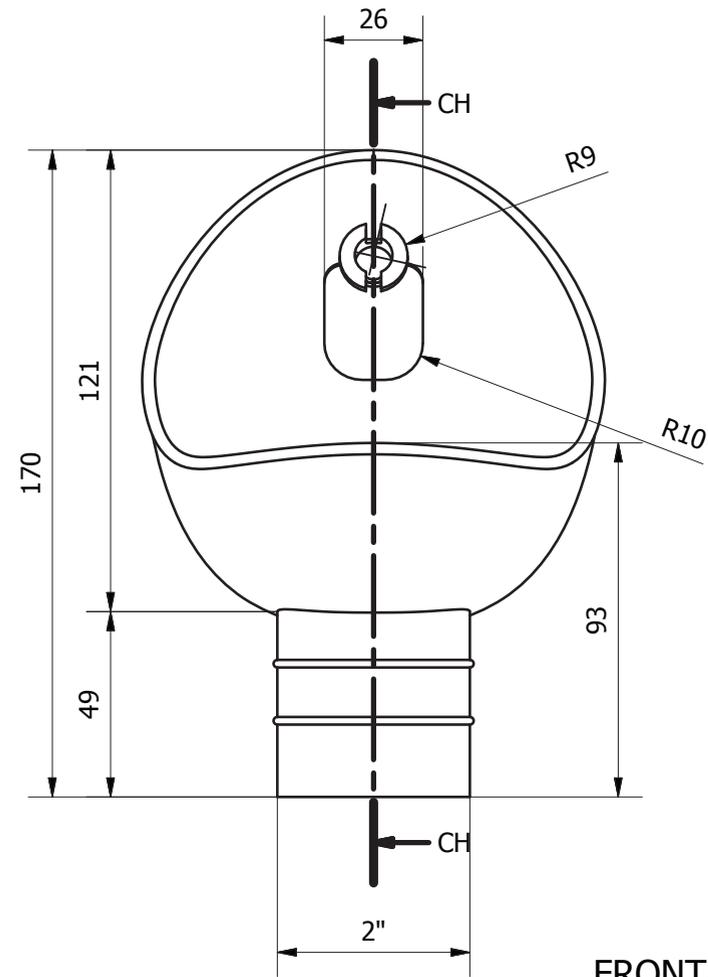


DETALLE CE (1:4)

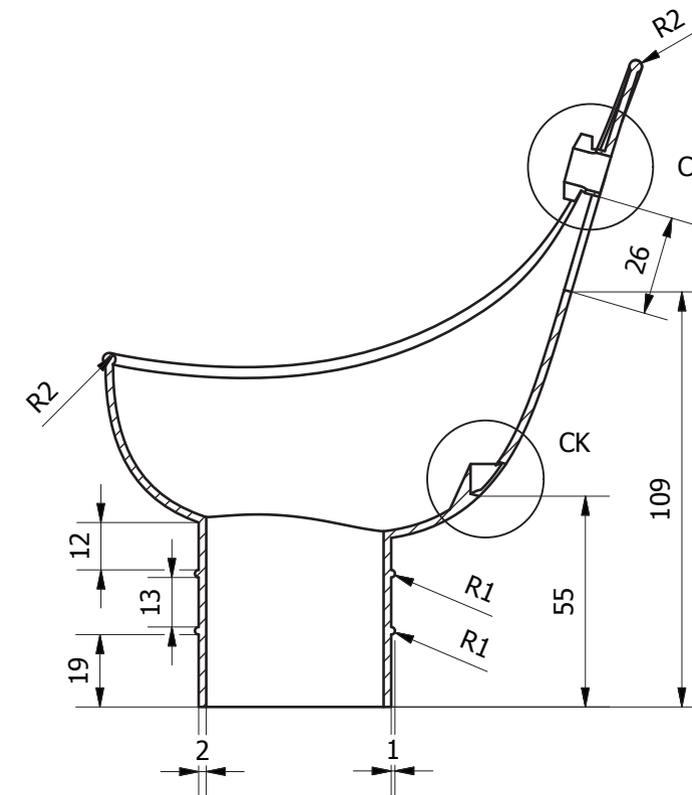
Juárez Robles Diana Elizabeth	doblecarta	COTAS mm	FECHA 03/03/2014	
<b>CIDI-UNAM</b>		SISTEMA DE CAPTACIÓN DE AGUA Y RIEGO		
		<b>Malla</b>		
Patrón de corte		Escala 1:40	Hoja 18/19	



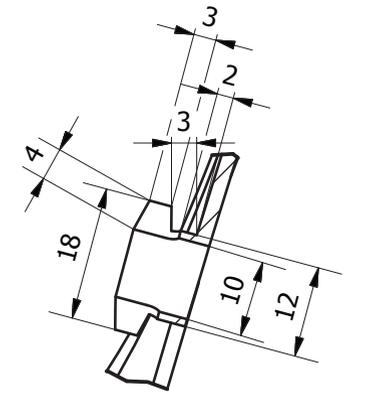
SUPERIOR



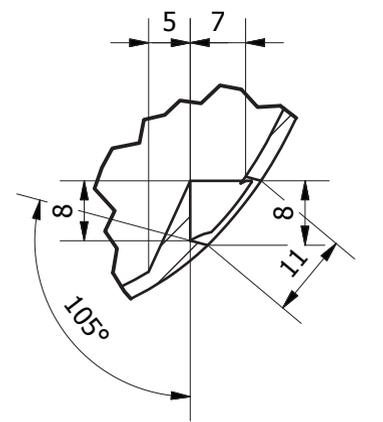
FRONTAL



CORTE  
CH-CH (1:2)



DETALLE  
CJ (1:1)



DETALLE  
CK (1:1)

Juárez Robles Diana Elizabeth	doblecarta	COTAS mm	FECHA 03/03/2014	
CIDI-UNAM	SISTEMA DE CAPTACIÓN DE AGUA Y RIEGO Embudo			
	Vistas Generales	Escala 1:2	Hoja 19/19	

# CONCLUSIONES

## TÉRMINO DEL PROYECTO

Al finalizar este proyecto se puede establecer que se cumplió con los objetivos y alcances planteados.

Se logró la generación de una solución basada en el diseño industrial para el problema de cuidando del recurso del agua, que en tantas ocasiones no se encuentra disponible y cuesta mucho trabajo conseguir. Al mismo tiempo se cuida el buen estado del suelo, con la intención de prolongar su vida útil, evitando el barrido de nutrientes por exceso de agua.

Con este proyecto se puede brindar al campesino, inmerso en la incertidumbre de su actividad productiva tan dependiente de los elementos ambientales, un posible punto de apoyo y seguridad para que su cultivo llegue a buenas cosechas, o no se pierda lo sembrado y que de esa forma él mismo a través de la seguridad económica pueda mejorar en uno de sus eslabones su calidad y satisfacción de vida.

Se concretó de manera satisfactoria el análisis a la actividad productiva y al usuario por medio de pláticas con expertos y productores. Aplicando esta información al proyecto se logró determinar que los campesinos más necesitados de un sistema son los que no cuentan con una fuente de agua. El proyecto responde a esta necesidad abarcando la posibilidad de cubrir las necesidades de riego desde la captación. Sin dejar de lado la flexibilidad del sistema para funcionar en sus componentes por separado para adaptarse a las necesidades específicas de cada usuario.

Es un acierto dentro del proyecto el tomar el problema desde la obtención del agua hasta su distribución, de esta forma se logra evitar que los recursos obtenidos durante la captación sean desperdiciados con malas prácticas agrícolas, que además pueden terminar por dañar el propio cultivo a largo plazo.

## DESARROLLO DEL PROYECTO

Durante la construcción de este proyecto me tope con muchas realidades de lo que se significa lograr que una planta te brinde sus frutos, haciendo que tuviera que regresar en muchas ocasiones para buscar diferentes caminos de solución. Fue un proceso largo de prueba y error, que terminó por darme una solución diferente, que resuelve otro tipo de problemas que habían quedado desatendidos, principalmente brindar flexibilidad en la cantidad de recursos que los agricultores son capaces de invertir y adaptarse a las necesidades de cada uno.

Cabe mencionar que fue muy interesante el diálogo con los productores de aguacate, son personas con años de experiencia en su actividad productiva, pero no por ello cerrados a nuevas opciones de llevarla a cabo, en general se encuentran en búsqueda de una mejora continua. Para el proyecto esta parte me brindó claridad sobre la imposibilidad de resolver todos los escenarios posibles y determinar quienes serían mis verdaderos usuarios.

Uno de los aprendizajes más importantes que tuve durante el desarrollo del proyecto fue que la agricultura se encuentra llena de gente que trabaja muy duro sin ninguna seguridad que su esfuerzo llegará a un buen término. Sin embargo, es un área muy poco valorada dentro del país, a pesar de que no solo logra sostener a su familia, sino que implica la manutención de toda la población.

## CONTRIBUCIONES

Generar un sistema flexible que pueda ser manejado por unidades, permite al usuario decidir cuales son sus necesidades específicas o adaptarse a sus limitaciones. Es de esta forma que el sistema de captación puede ser implementado dentro de un terreno una sola vez, para probarlo o para plantaciones pequeñas, así como en un sin número de ocasiones para brindar la barrera cortaviento que se podría requerir en la periferia de toda la plantación.

En el caso de las unidades para riego, le brindan al usuario la posibilidad de establecer un sistema de riego que puede ir creciendo conforme su plantación lo hace y cuyo precio dependerá únicamente de las unidades que se deseen adquirir, a diferencia de otros sistemas con un precio base que puede no ser el adecuado en todas las circunstancias.

Aunado a esto, el sistema completo puede ser bien aprovechado sin la necesidad de implementar fuentes de energía externa, como la eléctrica o la generada con gasolina, simplemente aprovechando la fuerza de gravedad. Así, con un sistema bien planeado, el agua recolectada puede pasar directamente a un tanque de almacenamiento que se encuentre elevado para ofrecer presión por medio de su altura, mientras que el sistema de riego aprovechará su altura para ofrecer presiones constantes a los difusores que distribuyen el agua.

Otra ventaja en el sistema es que cuenta con piezas comerciales para las partes del sistema que probablemente requerirán cambiarse con más frecuencia, y con posibilidad de autoconstrucción para los difusores de cerámica porosa. En el sistema de captación la superficie de recopilación hecha de malla sombra será la más propensa a sufrir de algún daño con el paso del tiempo, pero esa malla puede ser encontrada en las tiendas dedicadas a la agricultura. Mientras que los contenedores serán más propensos a sufrir daño en el contenedor de manga de riego y los filtros pueden romperse o taparse, pero ambos pueden ser conseguidos de forma comercial a un precio accesible.

El precio de implantar cualquier parte del sistema se encuentra en función de lo que cada usuario requiera o pueda tener acceso. Sin embargo, el sistema de riego se encuentra por debajo del precio común para implantar sistemas de riego por goteo de \$40,000.00 por Ha (*Anexos 3: Encuesta a productores*). Como se trata de unidades de riego, mientras más árboles se tengan por plantación, más se incrementa el costo de implantarlo, así el precio puede variar de aproximadamente \$18,500.00 para una plantación de 100 árboles/Ha a \$30,400.00 cuando se tienen plantaciones de 400 árboles/Ha. (*Anexos 4: Costos de implantar el sistema*)

Mientras que el sistema de captación se encuentra al rededor de los \$7,000.00 por unidad (*Anexos 4: Costos de implantar el sistema*), lo que nos da un precio por m<sup>2</sup> de \$194.00 contra \$133.50 de una olla de almacenamiento (*Boletín el Aguacatero #50*). La olla cuenta con la ventaja de captar y almacenar; mientras que el captador propuesto protege contra los vientos, da la posibilidad de captar neblina y no depende del lugar donde se coloque del terreno.

En general cada sistema tanto de captación como de riego ofrece ciertas ventajas y desventajas en comparación con otros, siendo el mismo caso para el sistema propuesto. Sin embargo, su mayor ventaja se encuentra en que está enfocado a la adaptabilidad de circunstancias en la que se encuentre el productor, brindando la posibilidad de comenzar con una pequeña inversión e ir incrementando con el tiempo.

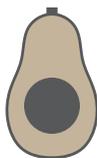
## PROSPECTIVA

Las unidades tanto para captación como para riego son especialmente útiles si se desea establecer plantaciones pequeñas, que es una tendencia ante la disminución de terrenos para siembra.

Además existe la posibilidad que usuarios con necesidades aún más pequeñas, como los pequeños huertos y jardines urbanos (una tendencia creciente), hagan uso del sistema de riego, pudiendo combinar con goteo y hasta hidroponía vertical.

Para el sistema de captación su uso no se encuentra restringido al campo, ya que con los procesos de purificación adecuados y cuidando que no se encuentre en contacto con metales pesados, el agua puede ser usada para consumo humano en las áreas donde no se tenga acceso al agua potable.

Aunado al hecho de que la disponibilidad al agua es cada vez más baja y que se debe aprovechar lo más eficientemente que se pueda, seguramente brindará mucho espacio para el uso del sistema completo.



# ANEXOS

## ANEXOS 1: CAPTACIÓN DE AGUA PARA LOS TRES OJOS DE DIOS EN LOS DIFERENTES MATERIALES

	Control	Nylon	Polipro- pileno	Malla sombra	NOTAS	ml que recolectaron		
						Nylon ML NETOS	Polipro- pileno ML NETOS	Malla som- bra ML NETOS
31-Aug	570	1050	1350			480	780	
1-Sep	2175	2505	3750			330	1575	
3-Sep	350	350	450			0	100	
4-Sep	225	225	375			0	150	
5-Sep	1400	1650	2800			250	1400	
11-Sep	250	275	175		*se cayó polipro- pileno	25	-75	
16-Sep	1025	850	1025			-175	0	
17-Sep								
18-Sep	150	100	150		empezaron huracanes	-50	0	
19-Sep	700	325	450			-375	-250	
20-Sep	950	1925	2125			975	1175	
21-Sep	180	150	150	175		-30	-30	-5
22-Sep	300	0	550	0	*se cayeron nylon y malla	-300	250	-300
23-Sep	200	205	160	110		5	-40	-90
25-Sep	100	130	190	100		30	90	0
26-Sep	700	625	675	350		-75	-25	-350
27-Sep	90	5	5	5		-85	-85	-85
29-Sep	1550	1550	2580	1670		0	1030	120
1-Oct	460	30	625	150	se cayeron nylon y malla	-430	165	-310

	Control	Nylon	Polipro- pileno	Malla sombra		Nylon ML NETOS	Polipro- pileno ML NETOS	Malla sombra ML NETOS
<b>2-Oct</b>	300	475	525	350		175	225	50
<b>3-Oct</b>	80	90	100	60		10	20	-20
<b>7-Oct</b>	725	750	1525	925		25	800	200
<b>8-Oct</b>	160	360	520	225		200	360	65
<b>9-Oct</b>	1250	1625	2500	1600		375	1250	350
<b>11-Oct</b>	100	105	150	100		5	50	0
<b>20-Oct</b>	1050	2150	2225	1400		1100	1175	350
<b>21-Oct</b>	675	1050	800	700		375	125	25
<b>23-Oct</b>	1000	1675	2100	1175		675	1100	175
<b>27-Oct</b>	95	150	100	95		55	5	0
<b>3-Nov</b>	400	750	800	500		350	400	100
<b>5-Nov</b>	850	1675	1675	1100		825	825	250
<b>20-Nov</b>	780	1625	1650	1050		845	870	270
<b>suma de todos ml</b>						<b>promedio</b>		
	18840	24430	32255	11840	87365	180,323	432,742	37,857
<b>promedio días de lluvia</b>						373,947	598,031	150,385

\*Los días no especificados en la tabla no se registraron lluvias.

## ANEXOS 2: SISTEMA DE RIEGO- DIFUSORES DE DIFERENTE POROSIDAD Y GROSOR (ML/DÍA)

nombre	grosor	capacidad ml	porosidad	planta	16-02	17-02	18-02	19-02	20-02	21-02	22-02	23-02
<b>d1</b>	7 mm	600	muy poroso	durazno	600	600	600	600	600	1200	0	
<b>d2</b>	6 mm	1000	muy poroso	durazno	1000	0	1000	1000	0	1000	1000	
<b>d5</b>	4 mm	600	muy poroso	palma		600	1200	600	1200	1200	1200	
<b>d3</b>	8 mm	2500	muy poroso	durazno	2500	0	0	2500	0	0	2500	
<b>d9</b>	4 mm	600	poco poroso	aguacate		600	600	0	600	0	600	
<b>d4</b>	5 mm	600	vidriado 3/4	durazno	600	0	0	0	0	0	600	
<b>d6</b>	5 mm	450	vidriado 3/4	palma		450	0	450	300	0	300	
<b>d7</b>	5 mm	450	vidriado 3/4	palma		450	0	450	300	0	300	
<b>d8</b>	4 mm	350	vidriado 3/4	aguacate		800	0	350	350	0	350	

\*inicial 450

3-02	24-02	25-02	26-02	27-02	28-02	1-03	2-03	5-03	11-03	12-03	13-03	14-03	promedio por día en ml.
600	600	600	0	600	600	0	600	600	600	600	0	600	510,00
0	0	1000	0	0	1000	0	1000	1000	1000	0	0	0	500,00
600	600	600	600	600	1200	600	600	600	600	600	600	600	757,89
0	0	0	0	2500	0	0	0	2500	2500	0	0	0	750,00
0	600	0	600	0	600	0	300	300	600	600	0	600	347,37
0	600	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	300	105,00
0	600	0	0	0	600	0	300	600	300	0	0	300	221,05
0	300	0	300	0	300	0	0	300	300	0	0	300	173,68
0	350	0	350	0	350	0	350	350	350	350	0	350	244,74

### ANEXOS 3: ENCUESTA A PRODUCTORES

	usuario 1	usuario 2	usuario 3	usuario 4
<b>Nombre</b>	Ramon Cruz Santos	Rodolfo Juárez	Emelia Berez	Luis Zenteno
<b>Edad</b>	35	41	47	63
<b>Ocupación</b>	Campesino	Campesino	Campesino	Campesino
<b>Escolaridad</b>				
				1
	1		1	
		1		
<b>No. De Hectáreas</b>	1.5	5	.5	2
<b>No. De árboles por Ha</b>	350	400	320	340
<b>¿haces uso del riego?</b>				
	1	1	1	1
<b>¿por qué?</b>				
<b>¿de dónde obtienes el agua?</b>				
	1	1	1	1
<b>¿dónde la almacenas?</b>				
	1			
		tanque	pozo	pozo

usuario 5	usuario 6	usuario 7	usuario 8	usuario 9	promedio
Constantino Morales	Francisco Mujia	quiere hacer olla de captación Rubelio Rivera	Felipe Corderos	quiere hacer olla de captación Gelfin Pérez	
65	77	51	69	64	56,889
Campesino	Campesino	Campesino	Campesino	Campesino	Única ocupación
1	1	1	1	1	5
					1
					0
					0
					1
					0
1	2	2	1.5	1.5	2,4
280				180	311,667
1	1		1		7
		1		1	2
		no tiene agua		no tiene agua	
1	1		1		7
					0
					0
					0
					1
					0
			1		1
	pozo				pozo

¿qué sistema de riego usas?				
Superficial				1
Aspersión				
Goteo	1	1	1	
Subterráneo				
Otro				rodada
¿cuál es el precio de tu sistema?				
	60000	30000	20000	500
	por Ha			
¿cuáles son las necesidades del sistema?				
Luz	1	1	1	
Bomba	1	1	1	
Aspersores			1	
Manguera			1	
Manguera de goteo	1	1	1	
Filtros	1	1	1	
		difusores		
¿qué deficiencias encuentras en los sistemas de riego?				
Costo		1	1	
Desperdicio de agua				1
Alto consumo de agua				
Mantenimiento	1		1	
Capacitación			1	
Erosión				
Otros	se tapa	requiere buena disponibilidad del agua		no se aprovecha

			3
1	1		0
		1	4
			0
rodada	rodada por tubería		Rodada
			\$40,000/Ha
400			
al mes			
	1		4
	1	1	5
			1
	1		2
		1	4
	1	1	5
		gasolina	
			2
			1
			0
			2
			1
			0

¿haces uso de fertilizantes?					
sí	1	1	1	1	
no					
¿cuáles?				agua	suelo
La falta de riego afecta					
Rendimiento de la cosecha	1	1	1		
Calidad del fruto			1	1	
Otro			plagas y enfermedades		
¿Haces uso de pesticidas?					
sí	1	1			1
no				1	
¿te es importante la agricultura de conservación/sustentable?					
sí	1	1	1	1	1
no					
¿por qué?					
¿qué es lo más importante para lograr la cosecha?					
enumerar		agua	todo	agua	riego
¿cuál es el periodo para cosechar?					
		diciembre	agosto-abril	julio	
¿en que parte del proceso necesitas mejorar?					
		riego	todas	cisternas y riego	
cuando usa el riego, época del año					
		todo el año	todo el año	secas	secas
cuanta agua consumes al mes					
		400000	2160000		
¿existen talleres para barro/cerámica?					
sí					
no	1	1	1	1	1
Esta dispuesto a un nuevo sistema de riego					
sí	1	1	1	1	1
no					

1	1	1	1	1	Todos
suelo		orgánico y común	agua	orgánico	En agua y suelo
	1			1	5
1				1 se cae	4
1	1		1	1	5 2
1	1		1	1	8 0
todo		riego	riego y fertilización	agua	Agua
		enero-febrero		febreo-marzo	
todo		riego	todo	riego	Riego
todo el año			secas		Se usa todo el año
		15000			No saben
1	1	1	1	1	0 9
1	1	1	1	1	9
				captar agua	

## ANEXOS 4: COSTOS DE IMPLANTAR SISTEMA PARA DIFERENTES TRAZOS DE SIEMBRA

Se ejemplifica el precio que tendría por unidad de captación para los usuarios.

### CAPTACIÓN

	costo unitario	unidad	dimensión	# de unidades	precio	
<b>malla sombra</b>	\$ 60,00	1	m2	37	\$ 2.220,00	<i>*incluye mano de obra</i>
<b>mastil de fibra de vidrio</b>	\$ 1.200,00	1	pieza	2	\$ 2.400,00	<i>*pieza comercial</i>
<b>soportes</b>	\$ 300,00	1	pieza	2	\$ 600,00	
<b>tensores</b>	\$ 500,00	1	pieza	3	\$ 1.500,00	<i>*pieza comercial</i>
<b>embudo</b>	\$ 0,06	1	cm3	16,3	\$ 0,98	<i>*incluye material y producción</i>
<b>estaca</b>	\$ 50,00	1	pieza	4	\$ 200,00	<i>*pieza comercial</i>
<b>mano de obra</b>	\$ 100,00	8	horas	1	\$ 12,50	
<b>total</b>					<b>\$ 6.933,48</b>	

Se ejemplifica el precio que tendría por sistema de riego en 1 Ha para los usuarios dependiendo de la cantidad de árboles/Ha.

## RIEGO

	costo unitario	unidad	dimensión	# de unidades	precio	
tapa	\$ 0,06	1	cm3	122	\$ 7,20	<i>*incluye material y producción</i>
soporte superior	\$ 0,06	1	cm3	559	\$ 32,98	<i>*incluye material y producción</i>
soporte inferior	\$ 0,06	1	cm3	598	\$ 35,28	<i>*incluye material y producción</i>
abrazadera	\$ 15,50	1	m	2	\$ 31,00	
manga	\$ 5,00	1	m	0,73	\$ 3,65	
filtro	\$ 5,00	1	pieza	1	\$ 5,00	<i>*pieza comercial</i>
tornillo 3/16"	\$ 0,85	1	pieza	2	\$ 1,70	<i>*pieza comercial</i>
tuerca	\$ 0,37	1	pieza	2	\$ 0,74	<i>*pieza comercial</i>
mano de obra	\$ 100,00	8	horas	1,5	\$ 18,75	
				<b>total</b>	<b>\$ 136,30</b>	

10x10					100 árboles	
manguera	\$ 2,04	1	m	6	\$ 12,24	
difusor	\$ 7,00	1	pieza	3	\$ 21,00	
cofle t	\$ 2,10	1	pieza	3	\$ 6,30	
mini válvula	\$ 9,90	1	pieza	1	\$ 9,90	
				<b>total</b>	<b>\$ 49,44</b>	
				<b>suma unidad</b>	<b>\$ 185,74</b>	
				<b>unidades/ha</b>	<b>100</b>	<b>precio competencia</b>
				<b>precio/Ha</b>	<b>\$ 18.574,10</b>	<b>\$ 22.000</b>

10x10 en x					200 árboles
manguera	\$ 2,04	1 m	19	\$ 38,76	
difusor	\$ 7,00	1 pieza	6	\$ 42,00	
copie t	\$ 2,10	1 pieza	4	\$ 8,40	
mini válvula	\$ 9,90	1 pieza	1	\$ 9,90	
			<b>total</b>	\$ 99,06	
			<b>suma unidad</b>	\$ 235,36	
			<b>unidades/ha</b>	100	<b>precio competencia</b>
			<b>precio/Ha</b>	\$ 23.536,10	\$ 32.000

8x8 en x					313 árboles
manguera	\$ 2,04	1 m	23	\$ 46,92	
difusor	\$ 7,00	1 pieza	9	\$ 63,00	
copie t	\$ 2,10	1 pieza	8	\$ 16,80	
mini válvula	\$ 9,90	1 pieza	1	\$ 9,90	
			<b>total</b>	\$ 136,62	
			<b>suma unidad</b>	\$ 272,92	
			<b>unidades/ha</b>	105	<b>precio competencia</b>
			<b>precio/Ha</b>	\$ 28.656,71	\$ 40.000

5x5					400 árboles
manguera	\$ 2,04	1 m	25	\$ 51,00	
difusor	\$ 7,00	1 pieza	12	\$ 84,00	
copie t	\$ 2,10	1 pieza	11	\$ 23,10	
mini válvula	\$ 9,90	1 pieza	1	\$ 9,90	
			<b>total</b>	\$ 168,00	
			<b>suma unidad</b>	\$ 304,30	
			<b>unidades/ha</b>	100	<b>precio competencia</b>
			<b>precio/Ha</b>	\$ 30.430,10	\$ 40.000

## ANEXOS 5: CATÁLOGO DE PIEZAS COMERCIALES

### CAPTACIÓN

Nombre	Imagen	Características
<b>PCA1</b> Tubo de acero galvanizado		Tubo galvanizado 2". Redondo. Cédula 40. 6 m longitud. PROVEEDOR: <a href="http://www.simexco.com.mx">www.simexco.com.mx</a>
<b>PCA2</b> Tubo telescópico de fibra de vidrio		Longitud totalmente extendido 12m. Peso 3,3 kg. Diámetro inferior 55 mm. Diámetro superior 8 mm. Grosor de pared 1,4 mm - 2 mm. Número de elementos 12. Material: Fibra de vidrio, protegida contra rayos UVA, especialmente reforzado con multicapas. PROVEEDOR: <a href="http://www.spiderbeam.com">www.spiderbeam.com</a>
<b>PCA3</b> Abrazadera		Con goma gruesa plana para evitar daños en el mástil. PROVEEDOR: <a href="http://www.spiderbeam.com/tlapaleria">www.spiderbeam.com/tlapaleria</a>
<b>PCA4</b> Cinta de carga		Gancho en J o doble gancho. Ancho 50 mm. Longitud 6 m. Color: Azul. Carga: 1500 kg. PROVEEDOR: <a href="http://www.tiendasmikels.com.mx">www.tiendasmikels.com.mx</a>

Nombre	Imagen	Características
<b>PCA5</b> <b>Estaca</b>		18" de alto. 1/2" grosor. Acero. PROVEEDOR: <a href="http://www.crazycrow.com">www.crazycrow.com</a>
<b>Layflat</b>		2" presión media. Longitud 300 pies (91.44 m). Presión 3.0 Bar. PROVEEDOR: <a href="http://www.hydroenv.com.mx">www.hydroenv.com.mx</a>

## RIEGO

Nombre	Imagen	Características
<b>PCO1</b> <b>Filtro de bolsa</b>		Filtro de malla a 120 mesh. Nylon o Poliéster. 2" de diámetro Filtrado de partículas que podrían obstruir el sistema de riego. PROVEEDOR: <a href="http://www.filsamexico.com">www.filsamexico.com</a>

Nombre	Imagen	Características
<p><b>PCO2</b> <b>Mini válvula</b></p>		<p>Mini Válvula de Inserción 16 mm a 3/4 de pulgada Tipo Hembra. PROVEEDOR: <a href="http://www.hydroenv.com.mx">www.hydroenv.com.mx</a></p>
<p><b>PCO3</b> <b>Manga de riego</b></p>		<p>Polietileno de baja y alta densidad, utilizadas para riego de distancia, fertilización y toda aplicación y para el transporte de líquidos en la agricultura e industria. Color Negro. Con protección Ultravioleta. Rollos de 50, 100 y 200 mts Diametros hasta 50 cm PROVEEDOR: Aspersores Tinsa S.A./ tiendas especializadas.</p>
<p><b>PCO4</b> <b>Tuerca y tornillo</b></p>		<p>3/16" Cuerda estándar. Cabeza hexagonal o en cruz. PROVEEDOR: tlapalería</p>
<p><b>Unión T</b></p>		<p>Conector para unir en forma de "T", diferentes tramos del Tubo PE, manguera o poliducto de 16 mm. PROVEEDOR: <a href="http://www.hydroenv.com.mx">www.hydroenv.com.mx</a></p>
<p><b>Poliducto</b></p>		<p>Manguera o Poliducto de 16 mm de Diámetro en calibre 45 mil PROVEEDOR: <a href="http://www.hydroenv.com.mx">www.hydroenv.com.mx</a></p>

## ANEXOS 6: INFORME DE ANÁLISIS DE TENSIÓN

### ☐ Simulación:1

#### Objetivo general y configuración:

Objetivo del diseño	Punto único
Tipo de simulación	Análisis estático
Fecha de la última modificación	17/05/2014, 03:53 p.m.
Detectar y eliminar modos de cuerpo rígido	No
Separar tensiones en superficies de contacto	No
Análisis de cargas de movimiento	No

#### Configuración avanzada:

Tamaño medio de elemento (fracción del diámetro del modelo)	0.1
Tamaño mínimo de elemento (fracción del tamaño medio)	0.2
Factor de modificación	1.5
Ángulo máximo de giro	60 gr
Crear elementos de malla curva	No
Usar medida basada en pieza para la malla del ensamblaje	Sí

### ☐ Material(es)

Nombre	Polietileno de alta densidad	
General	Densidad de masa	0.952 g/cm <sup>3</sup>
	Límite de elasticidad	20.67 MPa
	Resistencia máxima a tracción	13.78 MPa
Tensión	Módulo de Young	0.911 GPa
	Coefficiente de Poisson	0.392 su
	Módulo cortante	0.327227 GPa
Tensión térmica	Coefficiente de expansión	0.00015 su/c
	Conductividad térmica	0.211 W/( m K )
	Calor específico	2859 J/( kg c )
Nombre(s) de pieza	Estructura inferior 1 Estructura superior 1	

### ☐ Condiciones de funcionamiento

#### ☐ Gravedad

Tipo de carga	Gravedad
Magnitud	981000.000 mm/s <sup>2</sup>
Vector X	0.000 mm/s <sup>2</sup>
Vector Y	0.000 mm/s <sup>2</sup>
Vector Z	-981000.000 mm/s <sup>2</sup>

## ☐ Resultados

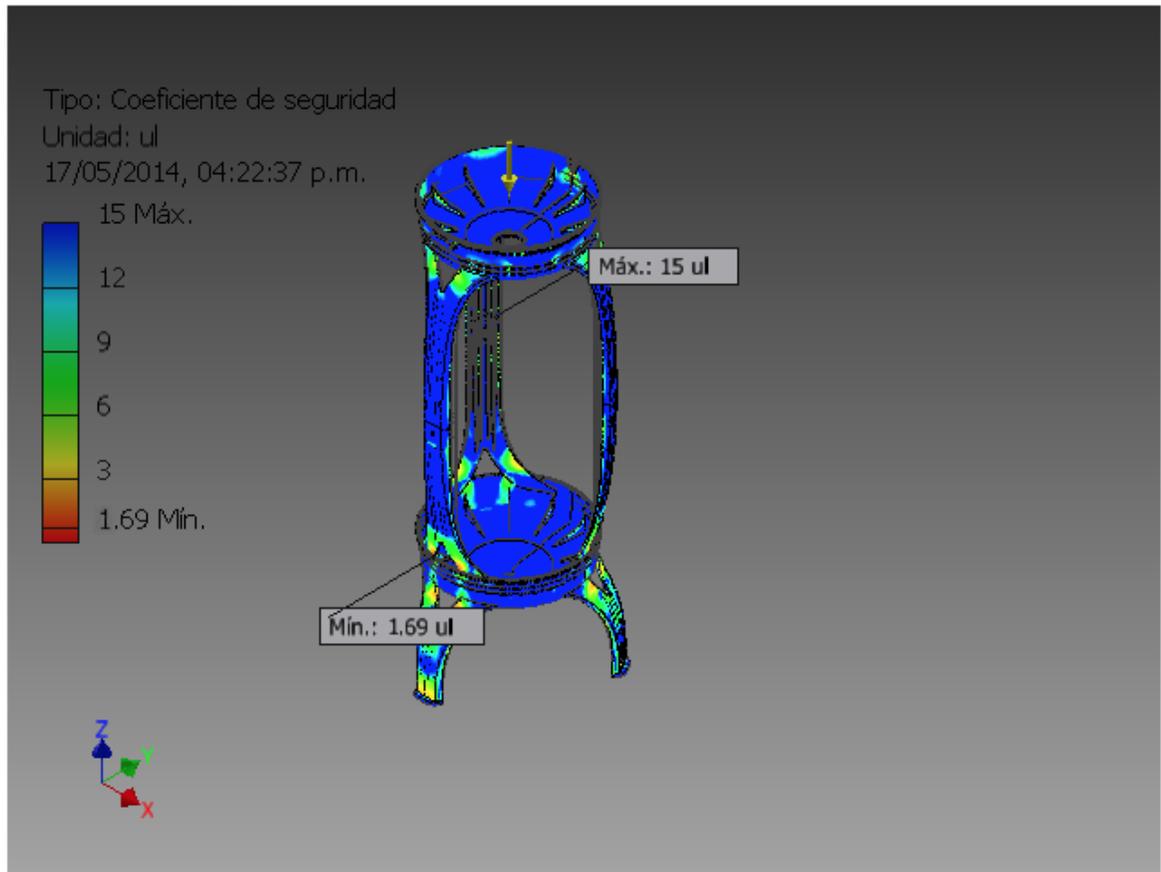
### ☐ Fuerza y pares de reacción en restricciones

Nombre de la restricción	Fuerza de reacción		Pares de reacción	
	Magnitud	Componente (X,Y,Z)	Magnitud	Componente (X,Y,Z)
Restricción fija:1	1442.92 N	0 N	1.56249 N m	0 N m
		0 N		1.56249 N m
		1442.92 N		0 N m

### ☐ Resumen de resultados

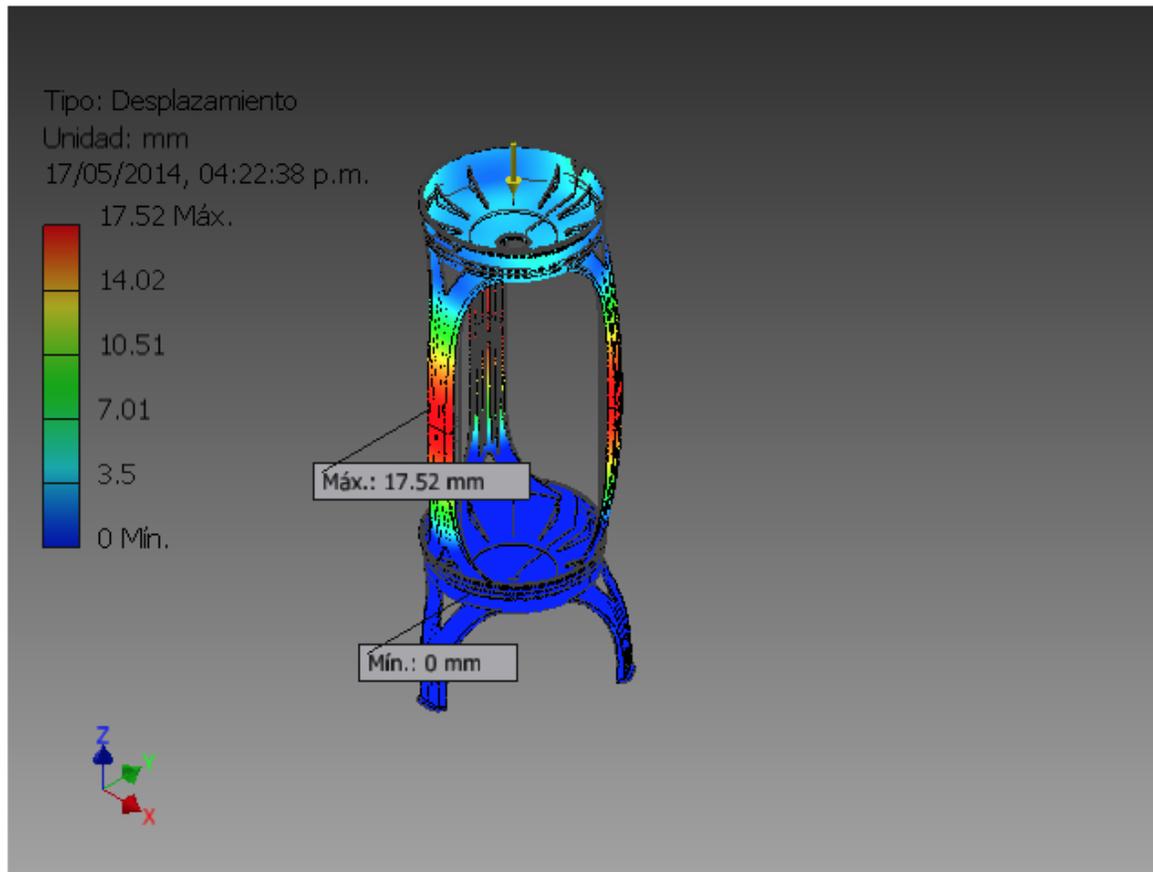
Nombre	Mínimo	Máximo
Volumen	1563500 mm <sup>3</sup>	
Masa	1.48846 kg	
Tensión de Von Mises	0.0000097102 MPa	30.01 MPa
Primera tensión principal	-6.94771 MPa	13.9458 MPa
Tercera tensión principal	-36.1819 MPa	6.04311 MPa
Desplazamiento	0 mm	17.5222 mm
<b>Coefficiente de seguridad</b>	<b>1.688772 su</b>	<b>15 su</b>
Tensión XX	-11.2799 MPa	8.68597 MPa
Tensión XY	-4.16238 MPa	4.38971 MPa
Tensión XZ	-9.16701 MPa	8.86488 MPa
Tensión YY	-11.0942 MPa	7.00645 MPa
Tensión YZ	-11.1371 MPa	7.58426 MPa
Tensión ZZ	-32.0323 MPa	12.1526 MPa
Desplazamiento X	-14.6702 mm	14.6805 mm
Desplazamiento Y	-17.1349 mm	8.56739 mm
Desplazamiento Z	-7.39486 mm	0.429849 mm
Deformación equivalente	0.0000000991729 su	0.0310501 su
Primera deformación principal	-0.00000808395 su	0.0147909 su
Tercera deformación principal	-0.0343461 su	0.000305841 su
Deformación XX	-0.0105742 su	0.0126412 su
Deformación XY	-0.00636008 su	0.00670744 su
Deformación XZ	-0.0140071 su	0.0135455 su
Deformación YY	-0.00539202 su	0.0110038 su
Deformación YZ	-0.0170174 su	0.0115887 su
Deformación ZZ	-0.0280055 su	0.0102735 su
Presión de contacto	0 MPa	26.1518 MPa
Presión de contacto X	-24.2379 MPa	7.84 MPa
Presión de contacto Y	-8.8083 MPa	7.31673 MPa
Presión de contacto Z	-10.9556 MPa	8.09801 MPa

## ☐ Coeficiente de seguridad



El coeficiente de seguridad siempre debe ser mayor a 1, lo que significa la capacidad en exceso que tiene el sistema por sobre sus requerimientos. En este caso la unión para las columnas del soporte inferior es la parte con menor coeficiente de seguridad, pero aún se encuentra dentro de los parámetros requeridos. Mientras que la parte con mayor coeficiente de seguridad es la unión entre las dos piezas.

## Desplazamiento



El desplazamiento máximo dentro de la pieza para la estructura se encuentra en las columnas de unión entre el soporte inferior y superior, que es el segmento más largo y el de mayor coeficiente de seguridad.

## CONCLUSIONES

El coeficiente de seguridad nos indica que el objeto logrará soportar las fuerzas ejercidas sobre él, sin embargo es importante realizar un periodo de pruebas sobre el prototipo funcional mencionado en el capítulo de Costos del Proyecto para determinar si el objeto soportará y realizar las correcciones necesarias.

1. Palomba, Rossella. (20 de agosto de 2012) *Calidad de Vida: Conceptos y medidas*. 2002. CELADE. [[http://www.cepal.org/celade/agenda/2/10592/envejecimientoRP1\\_ppt.pdf](http://www.cepal.org/celade/agenda/2/10592/envejecimientoRP1_ppt.pdf)]
2. Stafaner, Moritz et. al. (28 de agosto de 2012) *About: Frequently Asked Questions*. 2012. OECD Better Life Index. [<http://www.oecdbetterlifeindex.org/about/better-life-initiative/#question3>]
3. Stafaner, Moritz et. al. (28 de agosto de 2012) *Index*. 2012. OECD Better Life Index. [<http://www.oecdbetterlifeindex.org/#/111111111111>]
4. Stafaner, Moritz et. al. (28 de agosto de 2012) *Mexico*. 2012. OECD Better Life Index. [<http://www.oecdbetterlifeindex.org/countries/mexico/>]
5. Stafaner, Moritz et. al. (28 de agosto de 2012) *Mexico in Detail: Life Satisfaction*. 2012. OECD Better Life Index. [<http://www.oecdbetterlifeindex.org/countries/mexico/>]
6. Rojas, Mariano (2004). *The Complexity of Well-being: A life Satisfaction Conception and a Domains-of-Life Approach*. México: Universidad de las Américas.  
\* Rojas, Mariano. (26 de agosto de 2012) *Mejorando los programas de combate a la pobreza en México: del ingreso familiar*. 2010. México: SCIELO. [[http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0188-76532010000100002&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0188-76532010000100002&script=sci_arttext)]
7. Kall, Rob. (04 de septiembre de 2012) *Inventario de Experiencias Positivas de Kall*. 1996. USA: Futurehealth. [<http://www.futurehealth.org/Simple/El-Inventario-De-Experiencias-Positivas-454.html>]  
\*(5 de octubre de 2012) *Atmospheric Riber Q & A*. 2010. USA: ESEL. [<http://www.esrl.noaa.gov/psd/atmrivers/questions/>]



# Fuentes

8. (12 de septiembre de 2012) *Ingreso en México, de los más desiguales*. 2012. México: CNNExpansión.  
[<http://www.cnnexpansion.com/economia/2012/01/23/ingreso-en-mexico-de-los-mas-desiguales>]
9. González, Susana. (17 de octubre de 2012) *Importación récord de maíz; en 6 meses se gastaron 1,931 mdd*. 2012. México: La Jornada.  
[<http://www.jornada.unam.mx/2012/08/27/economia/027n1eco>]
10. Lavalle, Gerardo. (11 de septiembre de 2012) *Alarmante Dependencia Alimentaria; México Importa 56 por Ciento del Consumo*. 2011. México: Misión Política.  
[<http://misionpolitica.com/anteriores/numeros/580/14879-alarmante-dependencia-alimentaria-mexico-importa-56-por-ciento-del-consumo>]
11. González G., Susana. (11 de septiembre de 2012) *Dependencia alimentaria hace vulnerable a México ante alza mundial de granos básicos*. 2011. México: La Jornada.  
[<http://www.jornada.unam.mx/2011/01/29/economia/029n1eco>]
12. Chávez Maya, Héctor A. (11 de septiembre de 2012) *Tratados aumentan dependencia alimentaria en México*. 2012. México: El Financiero.  
[<http://www.ameg.org.mx/noticias/tratados-aumentan-la-dependencia-alimentaria-de-mexico/>]  
\*García de Balzac, Carlos. (11 de septiembre de 2012) *Deshonrosa la Pobreza y Dependencia Alimentaria en México*. 2011. México: Agronmexico.com.  
[[http://argonmexico.com/index.php?option=com\\_content&view=article&id=14919:deshonrosa-la-pobreza-y-dependencia-alimentaria-en-mexico&catid=72:ultimas&Itemid=296](http://argonmexico.com/index.php?option=com_content&view=article&id=14919:deshonrosa-la-pobreza-y-dependencia-alimentaria-en-mexico&catid=72:ultimas&Itemid=296)]
13. FAO. (13 de septiembre de 2012) *Información del País: La Agricultura y el Desarrollo Rural en México*. 2012. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.  
[[http://coin.fao.org/cms/world/mexico/InformacionSobreElPais/agricultura\\_y\\_des\\_rural.html](http://coin.fao.org/cms/world/mexico/InformacionSobreElPais/agricultura_y_des_rural.html)]
14. García León, Mauricio. (12 de septiembre de 2012) *Agudiza México dependencia alimentaria con TLCAN*. 2012. México: Síntesis.  
[[http://www.sintesis.mx/tlaxcala/index.php?option=com\\_content&view=article&id=5204:agudiza-mexico-dependencia-alimentaria-con-tlcan&catid=40:tecno&Itemid=62](http://www.sintesis.mx/tlaxcala/index.php?option=com_content&view=article&id=5204:agudiza-mexico-dependencia-alimentaria-con-tlcan&catid=40:tecno&Itemid=62)]

15. (12 de octubre de 2012) *Sequía: Seguimiento Mensual de Afectación por Sequía*. 2012. México: SEMARNAT-CONAGUA.  
[[http://www.fps.org.mx/divulgacion/index.php?option=com\\_content&view=article&id=1016:se-estudian-las-mejores-fechas-para-la-produccion-de-maiz&catid=37:sinaloa-produce&Itemid=373](http://www.fps.org.mx/divulgacion/index.php?option=com_content&view=article&id=1016:se-estudian-las-mejores-fechas-para-la-produccion-de-maiz&catid=37:sinaloa-produce&Itemid=373)]
16. Taniguchi, Hanako. (15 de octubre de 2012) *La sequía en México causa pérdidas millonarias en el campo*. 2012. México: CNNMéxico.  
[[http://www.siap.gob.mx/index.php?option=com\\_wrapper&view=wrapper&Itemid=346](http://www.siap.gob.mx/index.php?option=com_wrapper&view=wrapper&Itemid=346)]
17. Ibarra, Richard. (15 de octubre de 2012) *La sequía lleva a la población de El Salto, en Durango, a la aridez total*. 2012. México: CNNMéxico.  
[<http://mexico.cnn.com/nacional/2012/01/30/la-sequia-lleva-a-la-poblacion-de-el-salto-en-durango-a-la-aridez-total>]
18. Estrada, Javier y Richard Ibarra. (15 de octubre de 2012) *Municipios de México luchan contra la migración y la hambruna por sequía*. 2012. México: CNNMéxico.  
[<http://mexico.cnn.com/nacional/2012/01/17/municipios-de-mexico-luchan-contra-la-migracion-y-la-hambruna-por-sequia>]
19. Mejía, Gerardo. (15 de octubre de 2012) *Sequía en México quema los negocios en el campo*. 2012. México: El Financiero.  
[<http://mexico.cnn.com/nacional/2012/01/30/la-sequia-lleva-a-la-poblacion-de-el-salto-en-durango-a-la-aridez-total>]
20. Caballero, José Luis. (15 de octubre de 2012) *México en el umbral de una sequía histórica*. 2012. México: El Economista.  
[<http://eleconomista.com.mx/sociedad/2012/01/22/mexico-umbral-sequia-historica>]
21. Maldonado, Saúl. (31 de enero de 2014) *Derriban árboles frutales ante sequía*. 2013. México: El siglo de Torreón.  
[[www.elsiglodetorreon.com.mx/noticias/873147.derriban-arboles-frutales-ante-sequia.html](http://www.elsiglodetorreon.com.mx/noticias/873147.derriban-arboles-frutales-ante-sequia.html)]

22. Figueroa Vitela, José Inés. (28 de enero de 2014) *Sequía afectó a árboles frutales de la región*. 2013. México: PrimeraHora.com.mx  
[[www.primerahora.com.mx/?n=101572](http://www.primerahora.com.mx/?n=101572)]
23. (28 de enero de 2014) *Necesidades hídricas de las principales especies frutales*. 2011. España: Agrologico.  
[<http://blog.agrologica.es/necesidades-hidricas-de-las-principales-especies-frutales-riego-tabla-resistentes-sequia/>]
24. Tapia Vargas, Luis Mario et al. (30 de noviembre de 2013) *Mejore el manejo del agua en su huerta de aguacate*. 2004. México: Boletín el Aguacatero No. 38  
[[www.aproam.com/boletines/a38.htm](http://www.aproam.com/boletines/a38.htm)]
25. Bernal, Jorge A. et al. *Tecnología para el Cultivo del Aguacate*. (2008) Colombia: Corpoica.
26. *Guía Técnica del Cultivo del Aguacate*. Salvador: IICA.
27. Secretaría de desarrollo rural de Puebla. *Proyecto de establecimiento de 50 Ha de aguacate para exportación con sistema de riego por goteo y fertirrigación*. 2009.
28. Schaffer, Bruce A. et al. *The Avocado: Botany, Production and Uses*. Segunda edición. (2013). USA: CABI.
29. Comisión Nacional del Agua. (2011) *Atlas del agua en México*. México: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.
30. Aprovechar y desarrollar capital humano y social. (26 febrero 2013) *Programa de Organización empresarial de unidades de riego*. México: IMTA.
31. Velasco Velasco, Israel. (11 de noviembre 2013) *Agua, sequía y cambio climático*. 2013. México: IMTA.  
[[www.imta.mx/index.php?option=com\\_content&view=article&id=838&Itemid=3D87+&cd=1&hl=es&ct=clnk&gl=mx](http://www.imta.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=838&Itemid=3D87+&cd=1&hl=es&ct=clnk&gl=mx)]

32. Rojas Rabiela, Teresa, et. al. (2009) *Cultura hidráulica y simbolismo mesoamericano del agua en el México prehispánico*. México: IMTA.
33. Lomelí Villanueva, José Ramón, et. Al. (2000) *Conservación de distritos y módulos de riego*. 2da. Edición, Jiutepec: IMTA.
34. Vázquez, Verónica, et. al. (2006) *Gestión y Cultura del Agua*. Jiutepec, Morelos: IMTA/COLPOS.
35. SINA. (7 de octubre de 2012) *CONTEXTO GEOGRÁFICO Y SOCIOECONÓMICO*. México: CNA  
[<http://www.cna.gob.mx/contenido.aspx?n1=3&n2=60&n3=87&n4=28>]
36. Instituto Nacional de Ecología. (13 de septiembre de 2012) *Recursos Naturales; Suelo*. 2007. México: INE  
[<http://www2.ine.gob.mx/publicaciones/libros/16/parte2.html>]
37. Dregne, H. E. Y Nan-Ting Chou. (8 de octubre de 2012) *Global Desertification Dimensions and Costs*. 1998. USA: CIESIN.  
[<http://www.ciesin.org/docs/002-186/002-186.html>]
38. Velasco, Israel. (2012) *Sequía y cambio climático en México*. Morelos: Instituto Mexicano de Tecnología del Agua.
39. Departamento de Agricultura y Protección del Consumidor. *Agricultura de Conservación: Bienvenido*. 2012. FAO  
[<http://www.fao.org/AG/CA/es/index.html>]
40. Fernández Christlieb, Pablo. (2006) *El concepto de la psicología colectiva*. México: Facultad de Psicología.
41. Esteva, Gustavo; et. al. (2003) *Sin maíz no hay país*. México: Consejo Nacional para la Cultura y las Artes.
42. Martínez P., Porfirio, et al. (1975) *Arte Popular Mexicano*. Italia: Editorial Herrero.

43. Roque, Georges. (1951) *El color en el arte mexicano*. México: IIE UNAM.
44. Dale, Stephen. (20 de septiembre 2013) *Collecting fog on El Tofo*. Canadá: IDRC/CRDI.  
[<http://www.idrc.ca/EN/Resources/Publications/Pages/ArticleDetails.aspx?PublicationID=698>]
43. *Necesita agua?: Generadores de Agua*. 2008. Global Environment Development.  
[<http://www.globalenvironmentdevelopment.com/sp/ComoFunciona.asp>]
44. Departamento de Desarrollo Sustentable. (3 de septiembre de 2013) *Agua y cultivos: Mejora de la agricultura de regadío*. 2002. FAO.  
[<http://www.fao.org/docrep/005/y3918s/y3918s10.htm#TopOfPage>]
45. (22 de mayo de 2013) *Proyecto Estratégico de Tecnificación del Riego 2013*. México, D.F.: SAGARPA.  
[<http://www.sagarpa.gob.mx/Delegaciones/jalisco/Documents/CONVOCATORIA%20TECNIFICACION%20DE%20RIEGO.pdf>]
46. Avila Charaund, Rosario (2001). *Dimensiones antropométricas de población latinoamericana: México, Cuba, Colombia, Chile. Guadalajara, Jalisco*. Universidad de Guadalajara. Centro de Investigaciones en Ergonomía.
47. Wolfgang Laurig y Joachim Vedder. (2012) *ENCICLOPEDIA DE SALUD Y SEGURIDAD EN EL TRABAJO*. OIT.  
[<http://www.insht.es/portal/site/Insht/menuitem.1f1a3bc79ab34c578c2e8884060961ca/?vgnnextoid=a981ceffc39a5110VgnVCM10000dc0ca8c0RCRD&vgnnextchannel=9f164a7f8a651110VgnVCM10000dc0ca8c0RCRD>]
48. (10 de febrero de 2014) *Detalle del Producto- Mallas y arpilleras: Malla Raschel*. Perú: AgroHari.  
[[www.agrohari.com.pe/detalleproducto.php?idSubcat=10&cat=5&nombre=MALLA%20RASHELL](http://www.agrohari.com.pe/detalleproducto.php?idSubcat=10&cat=5&nombre=MALLA%20RASHELL)]
49. (11 de febrero de 2014) *Agricultura: Cortinas Forestales - Rompeviento*. 2011. Argentina: Cuenca Rural.  
[<http://www.cuencarural.com/agricultura/71366-cortinas-forestales-rompeviento/>]

50. Hydro Environment. (11 de febrero de 2014) *Rollo de Manguera Plana o Layflat de 2 pulgadas de presión media*. 2014. México: Hydroenv.

[[http://www.hydroenv.com.mx/catalogo/index.php?main\\_page=index&cPath=6\\_185\\_192](http://www.hydroenv.com.mx/catalogo/index.php?main_page=index&cPath=6_185_192)]

51. (15 de febrero de 2014) *Membranas cerámicas*. San Sebastián, España: Lykuid.

[[http://www.likuidnanotek.com/es/membranas-cartuchos/membranas/membranas\\_ceramicas/](http://www.likuidnanotek.com/es/membranas-cartuchos/membranas/membranas_ceramicas/)]

52. Irridelco México S.A. de C.V. (15 de febrero de 2014) *Catálogo de productos: Riego Agrícola - Riego para jardín y áreas deportivas*. México: IIDC.

[[www.irridelco.mx/catalogos/catalogo-productos-irridelco-mexico-s.a.-de-c.v..pdf](http://www.irridelco.mx/catalogos/catalogo-productos-irridelco-mexico-s.a.-de-c.v..pdf)]

53. Universidad de Málaga. (17 de febrero de 2014) *Manipulación Manual de Cargas*. 2006. España: UMA.

[<http://www.uma.es/publicadores/prevencion/wwwuma/183.pdf>]