E.T.S. de Ingeniería Industrial,
Informática y de Telecomunicación

DISEÑO DE UN SISTEMA DE DEPÓSITO RODANTE PARA EL TRANSPORTE Y FILTRADO DE AGUA EN ZONAS SIN ACCESO AL AGUA CORRIENTE

Grado en Ingeniería en Diseño Mecánico

Trabajo Fin de Grado

JULEN PEJENAUTE PÉREZ

JOSÉ RAMÓN ALFARO LÓPEZ

TUDELA, ENERO 2023

upna
Universidad Pública de Navarra
Nafarroako Unibertsitate Publikoa

AGRADECIMIENTOS

Quisiera agradecer la ayuda recibida durante todo el proceso de realización de este proyecto. En primer lugar, a mi tutor José Ramón Alfaro López, por su entusiasmo, tiempo dedicado y cercanía. Su ayuda ha sido imprescindible para la realización con éxito del trabajo.

A mi familia, por confiar en mí desde el principio, y por estar siempre para animarme y apoyarme en los momentos malos. En especial a mis padres, Joaquín y Mari Carmen, por ayudarme en la realización de todas las pruebas.

A mi pareja, Carmen, por ser un pilar fundamental todo este tiempo y por creer en mí en los momentos difíciles.

Y por último, a mis amigos, tanto los que llevan a mi lado toda la vida, como a los que he conocido estos últimos años en la universidad, ya que de manera directa o indirecta me han dado fuerza para realizar esta carrera y este TFG.

RESUMEN

El presente proyecto se centra en el estudio y diseñó de un sistema de depósito rodante que nos permita transportar, al mismo tiempo que filtramos y purificamos agua para consumo humano, en zonas que no tienen acceso a agua corriente

Este proyecto nos permitirá reducir el tiempo destinado por mujeres y niños en la labor de transporte de agua a las casas, permitiéndoles acudir regularmente a la escuela; y reducirá notablemente los contagios de enfermedades provocadas por el consumo de agua no potable.

El estudio se centra en el "hippo-roller", y en otros dispositivos existentes en la actualidad. A diferencia de ellos, nuestro proyecto permite ocupar y filtrar el 100% del volumen total de transporte.

PALABRAS CLAVE

Depósito rodante, transporte, filtrado, agua potable, salud.

ABSTRACT

The present project focuses on the study and design of a rolling tank system that allows us to transport, while filtering and purifying water for human consumption, in areas that do not have access to piped water.

This project will enable us to reduce the time spent by women and children carrying water to their homes, allowing them to attend school regularly; and it will significantly reduce the spread of diseases caused by drinking unsafe water.

The study focuses on the "hippo-roller" and other existing devices. Unlike them, our project allows 100% of the total transport volume to be occupied and filtered.

KEY WORDS

Rolling tank, transport, filtration, drinking water, health.

INDICE

AGRADECIMIENTOS 1
RESUMEN 2
PALABRAS CLAVE 2
ABSTRACT 3
KEY WORDS 3
CONTEXTO 9
CONSUMO DE AGUA 9
ACCESO AL AGUA POTABLE EN ÁFRICA 11
SALUD Y BIENESTAR 12
NIÑOS Y MUJERES EN LA SOCIEDAD 12
EL TRANSPORTE DE AGUA 14
ALTERNATIVAS DE TRANSPORTE EXISTENTE, ROLLERS 16
El HIPPO-ROLLER 18
REQUERIMIENTOS TÉCNICOS DE NUESTRO PRODUCTO (NECESIDADES A RESOLVER) . 20
ELEMENTOS BÁSICOS DE NUESTRO DISEÑO 20
PRODUCTOS SIMILARES EXISTENTES 22
ALTERNATIVAS PLANTEADAS 24
Tipos de bombas 24
Sistemas de filtrado y purificación 25
IDEA FINAL 26
SELECCIÓN DE COMPONENTES COMERCIALES 26
1. BIDÓN (28) 26
2. DEPÓSITO FLEXIBLE (29) 26
3. BOMBA PERISTÁLTICA PARA TALADRO (30) 27
4. FILTRO DE AGUA SAWYER (31) 27
5. ELEMENTOS ADICIONALES 28
ENSAMBLAJE Y PRIMERAS PRUEBAS 29
DISEÑO DEL ASA 31
ESTUDIO ERGONÓMICO DE EMPUJE O ARRASTRE 31
ESTUDIO DE MOVIMIENTO UNIDIRECCIONAL 32
MECANIZADO DE LA TAPA 36

DISEÑO FINAL 38
CÁLCULOS 40
DISTANCIA TOTAL RECORRIDA PARA UN FILTRADO COMPLETO 40
NUMERO TOTAL DE CICLOS QUE PUEDE REALIZAR NUESTRO FILTRO 41
PRESUPUESTO FORMAL 42
CAPÍTULO 1. INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO 42
CAPÍTULO 2. ELEMENTOS COMERCIALES 43
CAPÍTULO 3. FABRICACIÓN Y MONTAJE 43
CAPÍTULO 4. PRESUPUESTO TOTAL DEL PROYECTO 44
ESTUDIO DE VIABILIDAD ECONÓMICA 45
CONCLUSIONES 48
LÍNEAS FUTURAS 49
BIBLIOGRAFÍA 50
ANEXOS 53

INDICE DE IMÁGENES

Ilustración 1 Consumo medio de agua en los hogares por CCAA (4) 10
Ilustración 2 Uso de agua por país (5) 10
Ilustración 3 Porcentaje de población con acceso a una fuente de agua potable por región 11
Ilustración 4 Mujer transportando agua sobre la cabeza (9) 14
Ilustración 5 Niños cargando recipientes sobre sus hombros (10) 14
Ilustración 6 Niño cargando agua con una "mochila" (11) 15
Ilustración 7 Transporte de agua mediante burros (12) 15
Ilustración 8 Transporte de agua en bicicleta (13) 15
Ilustración 9 Transporte de agua con vehículo a motor (14) 16
Ilustración 10 Transporte de agua mediante rollers (15) 16
Ilustración 11 HIPPO ROLLER (16) 17
Ilustración 12 WELLO WATERWHELL (17) 17
Ilustración 13 Q DRUM (18) 17
Ilustración 14 AQUAROLL (19) 17
Ilustración 15 WATERBALL (20) 17
Ilustración 16 POMP (21) 17
Ilustración 17 BARREL (22) 17
Ilustración 18 Logotipo de la marca HIPPO ROLLER (16) 18
Ilustración 19 Volumen ocupado en el almacenamiento de los HIPPO ROLLER (16) 19
Ilustración 20 POTÁVEL, carro purificador de agua (24) 22
Ilustración 21 Inventores del SafeSIPP (25) 23
Ilustración 22 Mujer transportando agua (25) 23
Ilustración 23 Mujer trasportando el roller a la espalda (26) 23
Ilustración 24 Sistema complejo (26) 23
Ilustración 25 Bomba peristáltica de taladro comercial 24
Ilustración 26 Filtro SAWYER 25
Ilustración 27 Bidón de boca ancha (28) 26
Ilustración 28 Depósito flexible (29) 26
Ilustración 29 Bomba peristáltica para taladro (30) 27
Ilustración 30 Filtro de agua SAWYER (31) 27
Ilustración 31 Tubo corrugado PVC (32) 28
Ilustración 32 Abrazaderas (33) 28
Ilustración 33 Colocación de la bomba en la tapa del cubo 29
Ilustración 34 Ensamblaje final para pruebas 30
Ilustración 35 Mecanizado de flechas de dirección en el bidón 32
Ilustración 36 Diseño 1 33
Ilustración 37 Diseño 1: giro permitido 33
Ilustración 38 Diseño 1: giro bloqueado 33
Ilustración 39 Diseño 2 34
Ilustración 40 Diseño 2: posición desfavorable de uso 34
Ilustración 41 Diseño 2: bloqueo de giro 35

Ilustración 42 Diseño 3: definitivo 35
Ilustración 43 Mecanizado de orificios para sujección de la bomba 36
Ilustración 44 Colocación de la bomba 36
Ilustración 45 Ensamblaje de la bomba en la tapa 37
Ilustración 46 Resultado final 37
Ilustración 47 Bomba peristáltica con mayor potencia (35) 40
Ilustración 48 Precio estimado del envío en conteiner (37) 45
Ilustración 49 Precio estimado de los vuelos de los ingenieros (38) 46
Ilustración 50 Precio estimado del alojamiento de ambos ingenieros (39) 46
Ilustración 51 Logotipo ACTEC (40) 47

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Acceso a agua limpia por país en África (6) 12
Tabla 2 Mujeres y hombres qua participan en la recogida de agua y tiempo medio (8)13
Tabla 3 Alternativas de transporte existentes. ROLLERS 17
Tabla 4 Ejemplo 1 carro purificador de agua 22
Tabla 5 Ejemplo 2 carro purificador de agua 23
Tabla 6 Ejemplo 3 carro purificador de agua 23
Tabla 7 Valores límite para tareas de empuje y arrastre (34)..... 31
Tabla 8 Precio descompuesto de la etapa de investigación y desarrollo 42
Tabla 9 Precio descompuesto de los elementos comerciales..... 43
Tabla 10 Precio descompuesto de la fabricación y montaje..... 43
Tabla 11 Estimación del prespuesto final del proyecto 44
Tabla 12 Estimación del presupuesto de la primera tirada de 250 unidades..... 45
Tabla 13 Estimación del presupuesto total de puesta en marcha 47

CONTEXTO

El agua es un bien esencial para satisfacer las necesidades básicas del ser humano, para garantizar una buena salud, para la producción alimentaria, para la preservación de los ecosistemas y para el desarrollo económico y social en general. La escasez de este bien, y sobre todo, la falta de acceso al agua potable, es un problema grave que afecta de forma directa a gran parte de la población mundial.

La tierra está compuesta en un 70% de agua, pero únicamente el 3% es agua dulce. Además, de la cantidad total de agua dulce, únicamente un tercio es aprovechable ya que el resto se encuentra en los glaciares (en forma de hielo) y no puede ser consumida por el ser humano. En resumen: solamente el 1% de la cantidad total de agua terrestre es apta para el consumo humano. Estas son todas cifras teóricas. En realidad, la cantidad es mucho menor debido a que la actividad económica humana contribuye de manera directa a contaminar este bien preciado (1).

El acceso al agua potable forma parte de un derecho básico mundial, y es imprescindible para el desarrollo del ser humano. El problema está altamente relacionado con el nivel de desarrollo de la zona en la que se encuentre y con los recursos económicos de las familias. En los países subdesarrollados esto se acentúa como veremos a continuación.

En el año 2015, las Naciones Unidas fijaron los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), o también llamados Objetivos Globales, como llamamiento universal para poner fin a la pobreza, proteger el planeta y garantizar que en 2030 todas las personas disfruten de paz y prosperidad. Muchos de ellos están muy ligados con el tema que nos aborda, como por ejemplo el fin de la pobreza, el hambre cero, la salud y el bienestar, el agua limpia y el saneamiento y el consumo y la producción sostenible entre otros. (2)

Nuestro trabajo se relaciona directamente con el ODS número 6 que trata de “garantizar la disponibilidad de agua y su gestión sostenible y el saneamiento para todos”. Este objetivo abarca tanto el ciclo del agua como su sistema de saneamiento, y su consecución contribuirá al progreso de otros ODS, principalmente relacionados con la salud, pero también con la educación, el crecimiento económico, la igualdad de género…

CONSUMO DE AGUA

El consumo doméstico de agua por habitante, se define como al cantidad de agua que utiliza una persona para sus actividades cotidianas, que incluyen la alimentación, la higiene… y se mide en litros consumidos por habitante y día. Está directamente relacionado con la situación económica y social, siendo los países ricos los que más consumen, y dentro de estos, el consumo urbano es mucho mayor al consumo rural.

Según los estudios realizados por la Organización Mundial de la Salud (OMS), el consumo no debe sobrepasar los 50 l/habitante*día, pudiendo ascender a los 100 l/habitante*día si tenemos en cuenta el agua utilizada indirectamente para actividades como agricultura, industria, producción eléctrica… Esta cantidad se reduce a un mínimo de 15 l/habitante*día en tiempos de crisis o emergencia. (3)

Si observamos los datos de nuestro país, el consumo medio en los hogares fue de 133 litros por habitante y día durante el año 2020, una cifra similar a la de 2018, según la "Estadística sobre el Suministro y Saneamiento del Agua" del Instituto Nacional de Estadística (INE). Por provincias, las mayores consumidoras son la Comunidad Valenciana, Cantabria y Murcia. La Rioja, Navarra y el País Vasco se sitúan al final de esta clasificación, como vemos en la siguiente gráfica. (4)

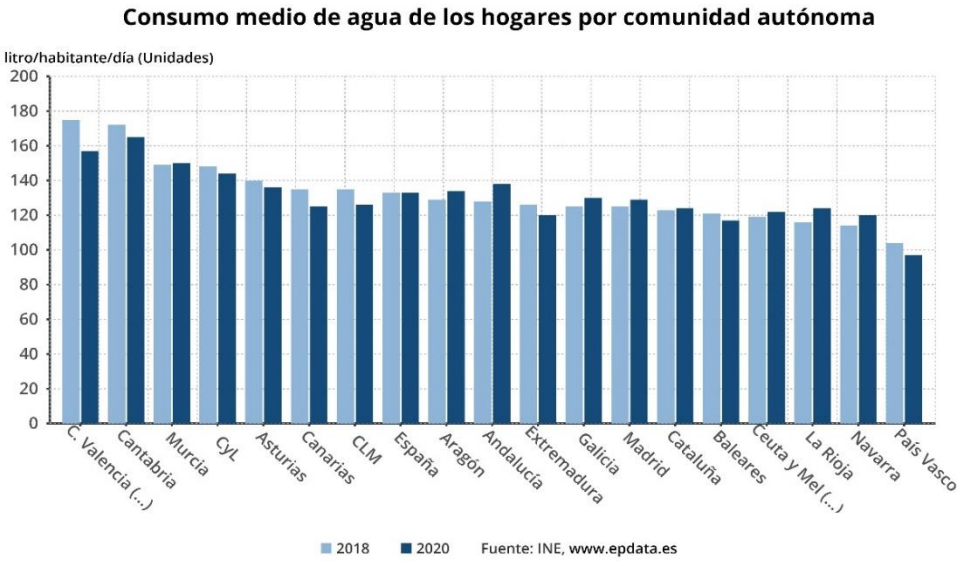


Ilustración 1 Consumo medio de agua en los hogares por CCAA (4)

Como podemos deducir, los datos propuestos por la OMS para favorecer la conservación del agua y su uso eficientes, no son respetados por la mayor parte de la población. Esto está ligado directamente con el uso desmedido del agua en la agricultura y la industria en los países más desarrollados. Las mayores diferencias se observan entre los países dependiendo de su desarrollo económico. A modo de ejemplo, tenemos países como Mozambique donde las personas consumen menos de 10 litros diarios.

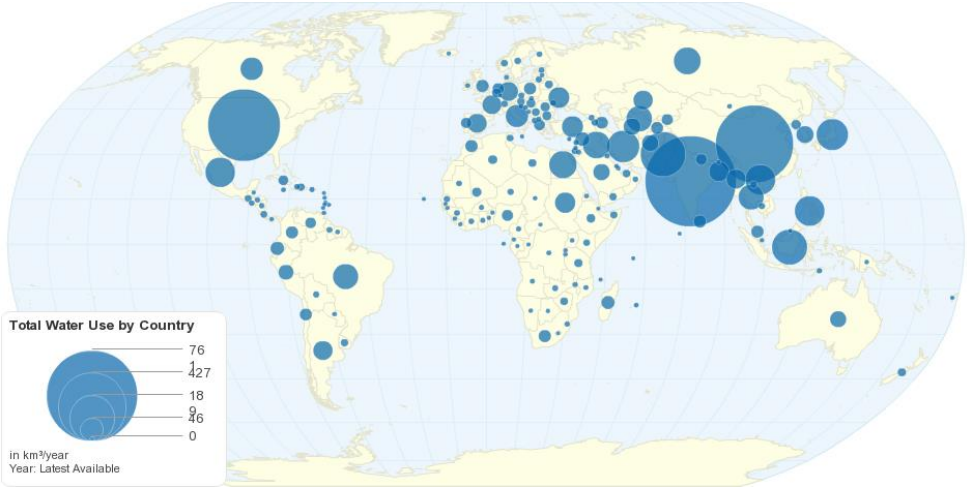


Ilustración 2 Uso de agua por país (5)

ACCESO AL AGUA POTABLE EN ÁFRICA

A pesar de los avances en el suministro de agua potable a nivel mundial, se estima que alrededor de 2100 millones de personas no tiene acceso a este bien vital, 844 millones no disponen de suministro de agua para los servicios básicos, 263 millones dedican más de 30 minutos al día en buscar y transportar agua, y 159 millones beben de fuentes superficiales como los ríos y lagos. (3)

Según la OMS "la fuente de agua debe encontrarse a menos de 1 km y el tiempo de desplazamiento para su recogida ha de ser inferior a 30 minutos andando". También establece que ha de ser asequible, y según el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo fija que "su coste no debe superar el 3% de los ingresos del hogar". Como cabe esperar, estos criterios no se cumplen en la mayoría de países del continente africano, por lo que se debe seguir trabajando para erradicar las diferencias entre los países ricos y pobres. A nivel mundial, en la siguiente imagen podemos observar el porcentaje de población, con acceso a una fuente de agua potable por país.

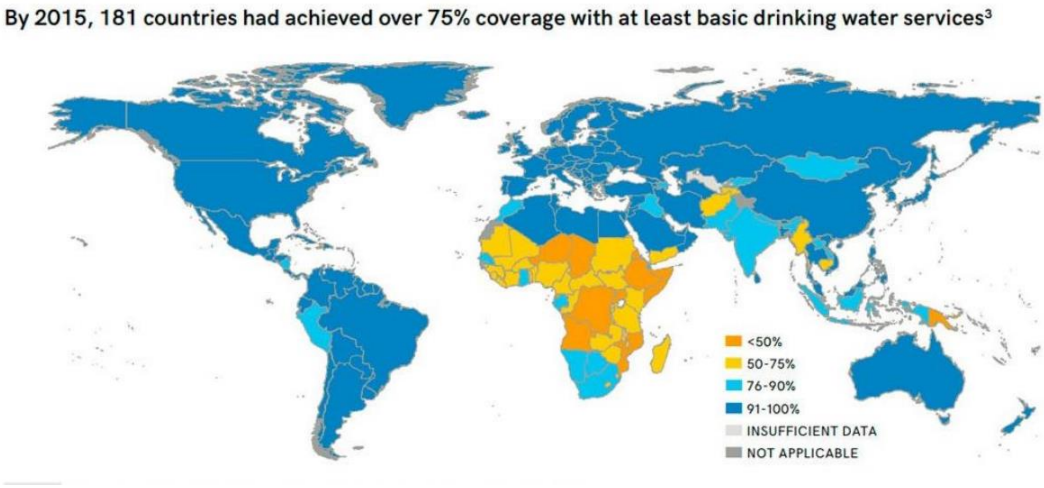


Ilustración 3 Porcentaje de población con acceso a una fuente de agua potable por región

Si nos centramos en el continente africano, vemos que existen países en los que menos de la mitad de la población tiene acceso a una fuente de la que beber agua. A nivel global, 96 países tienen fuentes seguras de agua potable, lo que supone únicamente el 35% de la población global. La siguiente tabla refleja los países en los que se acentúa este problema.

Tabla 1 Acceso a agua limpia por país en África (6)

PUESTO	PAÍS	% DE HABITANTES CON ACCESO BÁSICO
1	Eritrea	19
2	Papua Nueva Guinea	37
3	Uganda	38
4	Etiopía	39
5	República Dem. Del Congo	39
6	Somalia	40
7	Angola	41
8	Chad	43
9	Níger	46
10	Mozambique	47

Eritrea encabeza la lista según el informe WaterAid "El déficit hídrico Estado mundial del agua 2018" con tan solo un 19% de habitantes con acceso a agua limpia cerca del hogar. (6)

SALUD Y BIENESTAR

Una persona debe ingerir entre dos y tres litros de agua potable al día, para realizar correctamente las funciones del organismo y asegurar un correcto funcionamiento del mismo. El agua ha de ser transparente, inodora, incolora, insípida, y debe contener minerales como yodo, flúor y cloro en cantidades permitidas para evitar ciertas enfermedades. Beber agua que no siga estas características, puede causar problemas graves sobre los seres humanos.

Las enfermedades infecciosas más frecuentes causadas por la ingesta de agua no potable son las diarreas, provocadas por diferentes agentes infecciosos de tipo bacteriano, viral, parasitarios y en menor proporción por hongos. Estas enfermedades pueden causarse de forma aislada, brotes o incluso grandes epidemias.

Una de las enfermedades más grave es la diarrea, y está vinculada a la deshidratación, mala calidad de agua, hambruna y malnutrición. Esta enfermedad suele aparecer por una infección (rotavirus o bacterias) y se traduce en la muerte de decenas y cientos de miles de niños debido a la pérdida de sales, electrolitos y nutrientes. El sur de África y el sudoeste de Asia acumulan el 80% del total de muertes por diarrea en el mundo. (1)

NIÑOS Y MUJERES EN LA SOCIEDAD

Según un estudio de la revista "Plos One" casi 17 millones de mujeres y niños (en su mayoría niñas) en 24 países del continente africano son responsables del transporte de agua a grandes distancias de sus hogares. Esta tarea puede costar más de 30 minutos por viaje, y se pueden llegar a transportar un máximo de 60 litros por persona, en el mejor de los casos. (7)

Las consecuencias para estos grupos vulnerables son muy graves, condenando a millones de personas a una vida de enfermedad, oportunidades perdidas y práctica de esclavitud.

En el caso de las niñas, la escasez de agua impide que éstas acudan a la escuela y reciban una educación digna. En términos de oportunidades educativas perdidas, las estimaciones son de 272 millones más de días de asistencia escolar por año, si se hiciese una inversión adecuada en agua potable y saneamiento. Además la migración forzada debido a la escasez de agua, provoca una menor estabilidad y una asistencia escolar interrumpida.

Para las mujeres, el papel diario en la recolección de agua, tiene graves consecuencias para su salud. El principal problema es el daño óseo permanente provocado por cargar con los bidones de agua, que pueden pesar hasta 40 kilos, durante un promedio de seis kilómetros por día. Además puede provocar un aumento del estrés y que éstas necesiten más tiempo para recuperarse físicamente.

Otro riesgo que corren estas mujeres, es el de contraer enfermedades durante el embarazo, o debidas a las deficientes instalaciones de saneamiento o de higiene durante su periodo menstrual. Esto conlleva mayores ausencias femeninas en la educación y contribuye a su discriminación en el mercado laboral.

Por otro lado, las mujeres y niñas corren el riesgo de ser abusadas tanto física como mentalmente, a lo largo de las largas distancias recorridas para recoger el agua.

En la siguiente tabla podemos observar, la diferencia de género en las tareas de recogida de agua, en diferentes países, así como el tiempo destinado en dicha tarea (8):

Tabla 2 Mujeres y hombres qua participan en la recogida de agua y tiempo medio (8)

		Porcentaje de personas que participan en la recogida del agua		Tiempo medio utilizado por el conjunto de la población (*minutos por día*)		
	Año	Mujeres	Hombres	Mujeres	Hombres	Diferencia de género
África subsahariana						
Benin	1998	73	19	45	12	33
Ghana	1998/99	60	38	41	33	8
Madagascar	2001	44	16	27	9	18
Malawi	2004/05	..	..	54	6	48
Sudáfrica	2000	13	7	8	3	5
Asia						
República Democrática Popular Lao	2002/03	..	..	12	6	6
Pakistán	2007	3	1	3	0	3
América Central						
Nicaragua	1998	30	29	38	23	15

EL TRANSPORTE DE AGUA

A lo largo de la historia, las mujeres y niños en África han transportado el agua de diferentes maneras desde los puntos de recogida hasta sus respectivas poblaciones, adaptándose a las dificultades del terreno, y a los medios disponibles. Los principales medios de transporte han sido los siguientes:

- Depósitos sobre la cabeza: es el medio de transporte más común, se suele colocar un pañuelo o espuma para una mejor distribución del peso y una mejor sujeción. La gran ventaja es que no necesitas sujetar el depósito con los brazos.

Ilustración 4 Mujer transportando agua sobre la cabeza (9)

- Depósitos colgando sobre los hombros: en este caso, la carga se reparte en dos, reduciendo el riesgo de lesión lumbar, y el pañuelo o espuma se coloca para proteger el cuello de la persona que porta la carga.

Ilustración 5 Niños cargando recipientes sobre sus hombros (10)

- Depósitos a modo de mochila en la espalda: se colocan unas cintas o cuerdas a los depósitos para colgarlos a modo de mochila, pudiendo provocar lesiones lumbares si el peso es excesivo.

Ilustración 6 Niño cargando agua con una "mochila" (11)

- Ayudados por animales: se utilizan diversos animales como camellos, burros… reduciendo mucho el tiempo invertido y el esfuerzo requerido.

Ilustración 7 Transporte de agua mediante burros (12)

- Medios de transporte como bicicletas o carros: es necesario equilibrar perfectamente las cargas para no perder el equilibrio. Uno de los medios de transporte más cómodos.

Ilustración 8 Transporte de agua en bicicleta (13)

- Coches, camiones y otros vehículos a motor: estos medios de transporte son poco comunes en áfrica y solo están al alcance de familias con gran poder económico:

Ilustración 9 Transporte de agua con vehículo a motor (14)

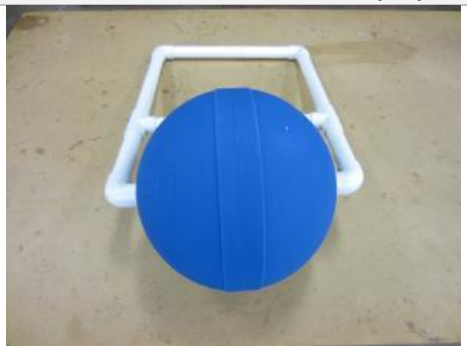
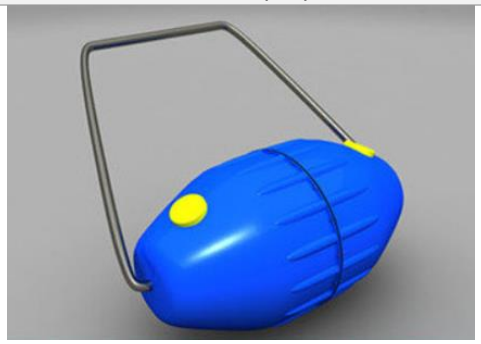
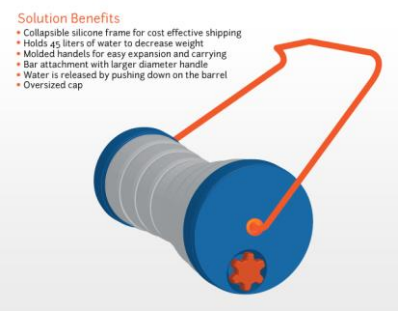
- Rollers: son dispositivos muy novedosos, y van a ser el objetivo de nuestra investigación:

Ilustración 10 Transporte de agua mediante rollers (15)

ALTERNATIVAS DE TRANSPORTE EXISTENTE, ROLLERS

Dentro del campo de los rollers, son diversos las alternativas y los dispositivos existentes, en la siguiente tabla, podemos encontrar los más importantes junto con una ilustración de cada uno.

Tabla 3 Alternativas de transporte existentes. ROLLERS

HIPPO ROLLER **(16)**	*WELLO WATERWHEEL* (17)
 Ilustración 11 HIPPO ROLLER (16)	 *Ilustración 12 WELLO WATERWHELL (17)*
Q DRUM **(18)**	*AQUAROLL WATER CARRIER* (19)
 Ilustración 13 Q DRUM (18)	 *Ilustración 14 AQUAROLL (19)*
WATERSTEP WATERBALL **(20)**	*POMP* (21)
 ***Ilustración 15 WATERBALL (20)***	 *Ilustración 16 POMP (21)*
BARREL **(22)**	
 ***Ilustración 17 BARREL (22)***	

El HIPPO-ROLLER

El hippo roller es un dispositivo de depósito rodante para el transporte de agua, creado por Imvubu Projects y desarrollado desde 1993. Su objetivo era disminuir el esfuerzo y tiempo necesario para la recolección de agua en ambientes rurales sin acceso a una fuente de agua corriente. (16)

Ilustración 18 Logotipo de la marca HIPPO ROLLER (16)

Se trata de un recipiente cilíndrico de 90 kilos, que cuando se empuja o rueda por el suelo nivelado, pesa únicamente 10 kilos, facilitando así el transporte a mujeres, niños o personas en grado de vulnerabilidad. Así se consigue que estas personas tengan más tiempo para la familia, la educación o la agricultura, lo que redunda en mejora de la calidad de vida.

Actualmente hay repartidos un total de 65000 equipos a lo largo de 56 países del continente africano, lo que repercute en 650000 beneficiados directos, y otros muchos que se benefician de forma indirecta. Se estima que alrededor de dos mil millones de litros de agua son transportados anualmente mediante estos dispositivos.

Sus características principales son (23):

- Capacidad de transporte de 90 litros
- Se puede limpiar con facilidad
- Diseñado para trabajar en condiciones adversas, superficies irregulares, con presencia de piedras afiladas…
- El bidón dispone de una gruesa pared
- No requiere mantenimiento
- No tiene juntas de goma

- Dispone de tapa para dispensar agua de forma higiénica y puede ser utilizada como herramienta de riego
- Está fabricado con polietileno resistente a la radiación UV
- El mango es de acero de alta resistencia
- Incluye un paquete de piezas de repuestos
- No hay que quitar el mango ni poner el tambor en posición vertical para acceder al agua
- Se puede añadir filtros y otros productos de tratamiento de agua
- Si se pierde el tapón interior se puede sustituir por un tapón de botella estándar
- Está fabricado directamente en Sudáfrica, y posteriormente distribuido a los diferentes países

Como desventajas podemos decir que su gasto de transporte es muy elevado debido a su gran volumen, y que tiene componentes como las roscas que se desgastan fácilmente, lo que resulta un problema ya que no se asegura la estanqueidad total del dispositivo. Además, cabe destacar que su coste es elevado, por lo que no será comprado por los usuarios de estos países sino por instituciones como ONG.

Ilustración 19 Volumen ocupado en el almacenamiento de los HIPPO ROLLER (16)

Así pues, después de conocer este dispositivo, nuestro proyecto va a buscar un rediseño del mismo, para conseguir que al mismo tiempo que realizamos el transporte del agua, el contenido pase por un filtro consiguiendo que el volumen total pueda consumirse directamente a su llegada a la población de destino.

REQUERIMIENTOS TÉCNICOS DE NUESTRO PRODUCTO (NECESIDADES A RESOLVER)

Para poder lograr las finalidades principales de nuestro sistema (transporte y filtrado), se han marcado objetivos concretos en el diseño del equipo. Algunos de ellos son mejoras de conceptos ya existentes y que se describen en las patentes expuestas más adelante en los anexos, y otros son ideas propias. Son los siguientes:

1. El producto ha de ser lo más **ergonómico** posible para disminuir las lesiones al transportar grandes cantidades de agua. Su uso no debe dar lugar a fatiga en exceso, ni requerir posturas forzadas.
2. Reducimos el tamaño del recipiente, de 90 litros a **60 litros**, para facilitar el transporte y que esta labor pueda ser hecha por cualquier persona, ya sea hombre, mujer o niño, pero que a su vez pueda satisfacer las necesidades de agua diarias de una familia.
3. Debe tratarse de un mecanismo **sencillo**, que no aporte complejidad al uso y mantenimiento del mismo, sin piezas mecánicas que puedan romperse con el paso del tiempo.
4. El uso ha de ser **intuitivo**, no ha de necesitar formación al usuario. En nuestro caso, al utilizar una bomba unidireccional, el giro del bidón puede darse únicamente en una dirección, por lo que se ha decido indicarlo con flechas en el recipiente. Además, como veremos en el diseño final, esto se ha tenido en cuenta, y se ha ideado una modificación en el mango para impedir el giro en la dirección no deseada.
5. Debe incluir **factores diferenciadores** respecto a la competencia. En nuestro caso, la ventaja competitiva es que conseguimos **ocupar y filtrar el 100% del volumen** de nuestro recipiente, mientras que nuestros competidores, únicamente consiguen ocupar el 50% según hemos podido informarnos.
6. Su precio ha de ser lo más **asequible** posible, por lo que se ha decidido, en una primera fase, modificar los rollers existentes, incorporándoles a éstos nuestro sistema de filtrado. Más adelante, se podría realizar el proyecto para una fabricación propia, lo que conllevaría un aumento del precio.
7. Su proceso productivo ha de ser **sostenible**, pudiendo reciclar diferentes tipos de plásticos o metales o dándole una segunda vida a objetos que han caído en desuso.

ELEMENTOS BÁSICOS DE NUESTRO DISEÑO

Para determinar los elementos de nuestro roller, tendremos en cuenta los elementos del hippo roller, al ser la referencia a nivel mundial, y existir múltiples rediseños del mismo. Básicamente, el roller está formado por un depósito, un mango, un tapón de rosca estanca y por un mecanismo para la sujeción del mango al depósito.

En nuestro caso, los elementos que debe contener son los siguientes:

- *Depósito*. El depósito es un bidón o compartimiento hueco que contiene el agua recogida, contenida a su vez en un depósito interior flexible. Su finalidad es la de contener, y permitir que ruede empujándolo o siendo arrastrado. Debe ser económico y duradero, por ello normalmente está fabricado por PE o HDPE.
- *Mango*. Habitualmente su función es la de facilitar el desplazamiento del depósito, por ello debe estar anclado a él, simétricamente y en su eje de giro, para favorecer la estabilidad y reducir esfuerzo. En nuestro caso, debe cumplir un segundo requerimiento, el de bloquear el movimiento en la dirección desfavorable de giro de la bomba. Esto se ha conseguido, tras varios diseños, como veremos posteriormente.
- *Tapones de rosca estanca*. Debe contener dos orificios, uno para introducir el agua sin filtrar directamente al depósito flexible interior, y otro para extraer el agua limpia al exterior, lista para el consumo. Estos tapones han de ser estancos, reemplazables y lo suficientemente grandes para un uso cómodo.
- *Mecanismo de sujeción del mango al depósito*. Se encuentran situados a ambos lados del bidón, permiten una correcta sujeción y confieren al diseño una resistencia suficiente para soportar los esfuerzos a los que va a ser sometido el conjunto. En el lado derecho, además, ha de bloquear el giro del eje de la bomba, consiguiendo así el bombeo deseado para hacer pasar el agua a través del filtro.
- *Depósito interior flexible*. Su función es la de contener el agua sucia en el interior, y permitir que esta salga, pase a través de la bomba y el filtro, y quede retenida en el interior del contenedor exterior. Para ello, ha de tener dos orificios (uno de entrada y otro de salida), su volumen ha de ser similar al del contenedor, y ha de ser flexible para poder expandirse o contraerse.
- ***Bomba***. Se busca un mecanismo de bombeo sencillo, accionado mediante el giro del bidón, que consiga extraer el agua del depósito flexible y la haga pasar por el filtro. Ha de ser sumergible, puesto que va a estar en contacto con el agua en todo momento, autocebante y sencilla.
- ***Filtro***. Su principal función es la de filtrar y purificar el agua, para eliminar partículas y microorganismos que puedan resultar perjudiciales para la salud de las personas que la consuman. Existen muchas alternativas en el mercado, de las que hablaremos más adelantes, y comentaremos el porqué de nuestra elección.
- *Elementos adicionales*. Para completar el equipo, además de los elementos principales comentados, necesitaremos un trozo de manguera para extraer el agua; abrazaderas para asegurar la manguera a la bomba, silicona para sellar correctamente el dispositivo y tornillos para fijar la bomba a la tapa de nuestro roller.

PRODUCTOS SIMILARES EXISTENTES

Durante la investigación previa a la realización del diseño, hemos encontrado distintas alternativas similares a nuestra idea. Todos los equipos están destinados al transporte y tratamiento del agua en zonas desfavorables. Pese a todo, decidimos seguir adelante con nuestro diseño ya que entendemos que nuestra capacidad para ocupar el 100% del volumen es una gran ventaja competitiva que nos diferencia del resto.

A continuación se muestran las diferentes alternativas existentes:

Tabla 4 Ejemplo 1 carro purificador de agua

POTÁVEL (24)
Está diseñado por Saltuk Karayalcin, está pendiente de solicitud de patente europea (EP10171793.2), tiene una capacidad de 50L y puede purificar este volumen con una efectividad cercana al 99.7%.

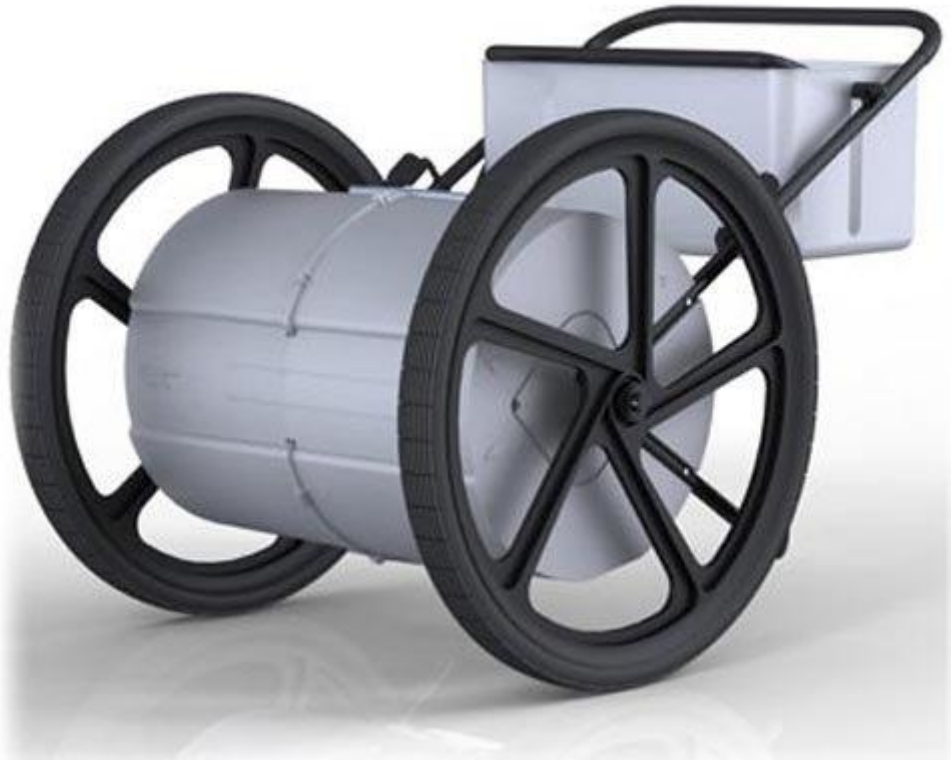


Ilustración 20 POTÁVEL, carro purificador de agua (24)

Como punto negativo, podemos decir que este dispositivo tiene dos depósitos independientes, de tal forma que mientras uno está lleno, el otro permanece vacío, utilizando así únicamente el 50% de su potencial.

Tabla 5 Ejemplo 2 carro purificador de agua

SafeSIPP (25)
Ilustración 21 Inventores del SafeSIPP (25) *Ilustración 22 Mujer transportando agua (25)* Su dispositivo utiliza un sistema en un bidón de 113,56L (30 galones), lo que puede resultar demasiado pesado para el transporte. De este volumen total, únicamente podemos utilizar 20L de agua purificada a la llegada al destino.

Tabla 6 Ejemplo 3 carro purificador de agua

WATER ON A ROLL (26)
Ilustración 23 Mujer trasportando el roller a la espalda (26) *Ilustración 24 Sistema complejo (26)* Es un diseño muy interesante ya que, cuando no está lleno de agua se puede llevar plegado a modo de mochila en la espalda. Como punto negativo, incluye demasiadas piezas móviles que le dan complejidad de uso y aumenta notablemente su precio, ya que no recicla ningún recipiente usado.

ALTERNATIVAS PLANTEADAS

Una vez vistos los elementos principales que incluye nuestro diseño, tenemos que tomar la decisión de elegir el tipo de bomba y de filtro (27) que incluiremos, seleccionando de entre todas las alternativas comerciales existentes, la que mejor se amolde a nuestro proyecto:

Tipos de bombas

Bomba peristáltica: Se trata de una bomba hidráulica de desplazamiento positivo capaz de desplazar una gran variedad de fluidos a través de un tubo flexible debido a la compresión que sufre este por la acción de unos rodillos que giran con el rotor de la bomba. Utiliza el principio de peristalsis y es usado en muchos sistemas biológicos como el aparato digestivo. Existe una variante, cuyo accionamiento es mecánico mediante un taladro que mueve el eje de giro de la bomba.

Bomba peristáltica con resortes: Es similar a la bomba anterior, pero los rodillos van unidos al rotor mediante una serie de resortes que le confieren una mayor potencia para un tamaño reducido. Como desventaja, este sistema de resortes le confiere complejidad, y pueden dar lugar a un gran número de problemas mecánicos.

Bomba de tornillo: Es una bomba de desplazamiento positivo que utiliza un tornillo helicoidal excéntrico que se mueve dentro de una camisa y hace fluir el líquido entre ambos elementos. Están específicamente diseñadas para bombear fluidos viscosos o con alto contenido en sólidos.

Bomba de engranajes: Consta de dos engranajes en un alojamiento ceñido que transforman la energía cinética en forma de par motor, en energía hidráulica a través del caudal del líquido bombeado. Esta bomba queda desestimada, debido a que las partículas de arena del agua sucia, podrían acumularse en los engranajes produciendo problemas de funcionamiento e incluso su bloqueo.

Bomba de paletas: se encargan de admitir y descargar fluido según los cambios de espacio comprendido entre las paletas, contenidas por un rotor que gira. Estas bombas suelen ser más caras, por lo que las excluimos de nuestro diseño.

BOMBA SELECCIONADA: BOMBA PERISTÁLTICA DE TALADRO

Ilustración 25 Bomba peristáltica de taladro comercial

Sistemas de filtrado y purificación

Filtro de carbón activo: elimina bacterias y microorganismos, además de mejorar el sabor y olor del agua. No elimina sustancias como el arsénico, fluoruros, nitratos y percloratos. Pueden ser bloques de carbón activado (muy eficaz) o carbón activado granulado (menos eficaz).

Filtro cerámico: se basa en la filtración del agua por los microporos de una pieza cerámica en forma de vela. Es muy efectivo para eliminar todo tipo de microorganismos y partículas en suspensión, pero no son capaces de retener contaminantes químicos. Son sistemas de filtración tradicionales, fiables y duraderos.

Filtro descalcificador: eliminan la cal del agua mediante un sistema mecánico de intercambio de iones. Necesitan limpiarse cada cierto tiempo, por ello llevan equipados depósitos de sal. Requieren un espacio mayor.

Filtro por destilación: es un proceso basado en los distintos puntos de ebullición de los elementos disueltos en el agua. Esta agua se evapora mediante calor y se condensa con una composición más pura.

Filtro de ozono: elimina de manera bastante eficaz todo tipo de microorganismos, virus y bacterias del agua, pero no es útil para retirar los diferentes químicos que puedan estar presentes en el agua.

Filtro por osmosis inversa: se filtra el agua a través de una membrana con microporos que bloquea las moléculas de mayor tamaño que el agua. Puede presentarse complementariamente al carbón activo. Este sistema desecha mucha agua en el proceso de filtrado (desde 3 hasta 20 veces el agua que produce).

FILTRO SELECCIONADO: FILTROSAWYER

Finalmente tomamos la decisión de utilizar un filtro del tipo SAWYER. Son los filtros más ligeros del mundo. Tienen una membrana de fibra hueca que retiene bacterias y protozoos haciendo que el agua sea potable. Es muy eficiente y tiene una vida útil de hasta 375000 litros de agua.

Ilustración 26 Filtro SAWYER

IDEA FINAL

Una vez tomada la decisión de los componentes principales que va a tener nuestro diseño, es el momento de elegir cada uno según sus características, disponibilidad, precio… Por una parte elegiremos los componentes comerciales que formarán nuestro sistema de transporte y filtrado, y por otra, diseñaremos un sistema de mango que fabricaremos nosotros mismos.

SELECCIÓN DE COMPONENTES COMERCIALES

1. BIDÓN (28)

Se trata de un bidón de plástico con boca anca de 60 litros de capacidad con tapa de cierre roscado. Está homologado para el uso alimentario. Es de color azul eléctrico y la tapa de color negra. Las medidas son de 0,65m de alto y 40cm de diámetro, y está fabricado en PVC. Su precio medio ronda los 20€.

Ilustración 27 Bidón de boca ancha (28)

2. DEPÓSITO FLEXIBLE (29)

Tenemos un depósito flexible para agua potable, fabricado en PVC, se adapta al contenedor en el que se encuentre (en este caso nuestro bidón), tiene un orificio de entrada y otro de salida como buscábamos, y una capacidad de 55 litros. Sus medidas son de 74x60cm y un precio aproximado de 30€.

Ilustración 28 Depósito flexible (29)

3. BOMBA PERISTÁLTICA PARA TALADRO (30)

En este caso la bomba es de la marca Mannesmann, de color gris y negro, tiene unas dimensiones de 21x16x7cm, su accionamiento es mecánico (mediante taladro, o en nuestro caso, mediante el giro del bidón), pesa 170 gramos, es resistente a los productos químicos, sumergible y autocebante. Su precio ronda los 10€.

Ilustración 29 Bomba peristáltica para taladro (30)

4. FILTRO DE AGUA SAWYER (31)

Como comentábamos anteriormente, el filtro SAWYER es muy ligero y eficaz, consigue agua potable para el consumo humano, tiene un precio reducido y una instalación muy sencilla. Además, tiene una larga vida útil y no necesita formación para usarlo. Su precio aproximado en el mercado es de 20€.

Ilustración 30 Filtro de agua SAWYER (31)

5. ELEMENTOS ADICIONALES

Finalmente, para el ensamblaje final del equipo de filtrado, necesitamos una serie de objetos para el acabado final. Estos son:

- MANGUERA: la utilizaremos para extraer el agua del depósito flexible, hacerla pasar por la bomba y el filtro y expulsarla al exterior. Se debe ajustar al máximo al diámetro de nuestros componentes comerciales, y ha de ser lo suficientemente flexible para que nos permita manejarla con facilidad. Por ello, tomamos la decisión de utilizar tubos corrugados de PVC (32) que mantienen su flexibilidad aunque aumentemos el diámetro.

Ilustración 31 Tubo corrugado PVC (32)

- ABRAZADERAS: se colocarán en las conexiones de la manguera a los distintos elementos y servirán como refuerzo para asegurar la estanqueidad del conjunto. (33)

Ilustración 32 Abrazaderas (33)

- SILICONA: se aplicará sobre todas las juntas y modificaciones que se realicen en la tapa para la colocación de la bomba, y asegurará la estanqueidad del bidón.

ENSAMBLAJE Y PRIMERAS PRUEBAS

Una vez que hemos decidido los elementos que incluirá nuestro diseño, y cómo irán colocados cada uno de ellos, es el momento de hacer las primeras pruebas. Para ello, se han realizado experimentos a pequeña escala con materiales convencionales, cuya única finalidad era corroborar que el diseño que tenemos en mente realiza las funciones que queremos. En este caso, utilizamos lo siguiente:

1. En vez de utilizar un bidón de boca ancha, utilizamos un cubo de plástico de 20 litros de capacidad, transparente para comprobar que el líquido conseguía salir de nuestro recipiente flexible, aspirado por la bomba, y ocupar el volumen exterior.
2. El depósito interior flexible utilizado fue una bolsa estanca utilizada para la comercialización de ciertos vinos (reutilizada).
3. La bomba se adquirió por internet. Tenerla físicamente nos ayudó mucho para entender su funcionamiento interno, así como para buscar la forma idónea de colocarla en la tapa de nuestro bidón.
4. El accionamiento de la bomba se realizó mediante un taladro eléctrico de batería, consiguiendo de esta forma el giro deseado que provoque la succión de líquido.
5. Para conectar la bomba a la bolsa se utilizó una manguera de riego, siendo ésta demasiado rígida al principio, se tomó la decisión de sustituirla por un tubo corrugado de pvc.
6. Para una mejor sujeción de la manguera se utilizaron unas abrazaderas simples
7. Para la colocación de la bomba en la tapa del cubo, en primer lugar se realizaron los agujeros para meter el eje de giro, y cuatro agujeros exteriores para colocar unas bridas y fijar ambas partes. Por último, se sellaron todos los orificios con silicona termofusible, y se comprobó la estanqueidad del cubo, llenándolo parcialmente de agua y comprobando que no hubiese pérdidas. A continuación podemos observar el resultado final.

Ilustración 33 Colocación de la bomba en la tapa del cubo

8. Por último, introdujimos la bolsa en el interior del cubo, la llenamos completamente de agua y la conectamos mediante la manguera a la bomba. Cerramos el cubo de forma hermética, y colocamos todo en posición horizontal, intentando que se pareciese lo máximo posible a nuestro diseño.

Ilustración 34 Ensamblaje final para pruebas

Los resultados observados fueron esperanzadores, como queríamos comprobar, al iniciar el movimiento de la bomba, el agua era succionada desde el depósito flexible hasta el volumen exterior, y al cabo de no más de 2 minutos, casi la totalidad del líquido de la bolsa (agua sucia), había pasado a través de la bomba y se encontraba en el cubo (agua limpia).

A continuación, para darle un mayor realismo, se introdujo agua cristalina en la bolsa, y se colocó una pequeña cantidad de colorante a la salida de la bomba (simulando el cambio que sufrirá el agua tras su paso por el filtro). Los resultados fueron muy satisfactorios, y el agua cambiaba notablemente de color a la salida.

A modo de crítica, como puntos negativos podríamos nombrar los siguientes:

- Al tratarse de una bomba pequeña, el tiempo que tardaba el volumen total en vaciarse era elevado, esto podría solucionarse utilizando una bomba de mayor tamaño, que pueda evacuar mayor caudal.
- Las juntas y los orificios no eran del todo estancos, se escapaban gotas de agua de vez en cuando. La solución sería asegurar todo mejor con silicona, e incluso utilizar juntas de goma para fijar mejor el conjunto.

DISEÑO DEL ASA

Después de haber seleccionado los elementos comerciales que van a formar nuestro sistema de transporte de agua y filtrado, debemos centrarnos en el diseño de un asa que cumpla con los objetivos propuestos.

Para ello nos encontramos con dos problemas principales. En primer lugar debemos elegir si empujaremos o si arrastraremos nuestro roller, teniendo en cuenta su peso y los daños que esto pueda causarnos a largo plazo. Después deberemos diseñar el asa de tal manera, que impida el giro en la dirección desfavorable de nuestra bomba, como comentábamos anteriormente.

ESTUDIO ERGONÓMICO DE EMPUJE O ARRASTRE

Como sabemos, nuestro roller puede ser empujado o arrastrado a través del mango para su transporte. Antes de comenzar su diseño, vamos a estudiar cuál de las dos alternativas es mejor, desde un punto de vista ergonómico.

El estudio de SNOOK Y CIRIELLO recoge información acerca de este tema en forma de tablas. En ellas muestra la fuerza recomendada para hombres y mujeres en las labores de empuje y arrastre de una carga, en función de estos factores:

- Altura de aplicación de la fuerza
- Distancia en la que se empuja o arrastra
- Frecuencia de realización del esfuerzo
- Género de la persona que lo realiza

A partir de este estudio se desarrolló la normativa ISO 11228 en 2007, que trata sobre la manipulación de cargas.

Los umbrales que establece son los siguientes: una tarea es aceptable si puede realizarla por lo menos el 90% de la población; moderada si la puede realizar entre un 75% y un 90%; y si la puede realizar menos del 75% se considera de riesgo.

En nuestro caso tomaremos las tablas de Snook y Ciriello (Ver Anexo), de la página web de INSST (34) para conocer los valores límites de trabajo. Para ello nos centraremos en el género femenino, la máxima distancia a recorrer (61m), una distancia de las manos al suelo de 89cm y una frecuencia de 5 minutos, que refleja los cambios de dirección o paradas por irregularidades en el suelo. Los valores que obtenemos son los siguientes:

Tabla 7 Valores límite para tareas de empuje y arrastre (34)

	Fuerza inicial	Fuerza sostenida
Empuje	130 N	40 N
Arrastre	130 N	50 N

Si realizamos cambios en las variables y mantenemos la altura de las manos, los cambios son proporcionales para ambos esfuerzos, por lo que no sabemos cuál es más perjudicial.

En cambio, al aumentar la altura de agarre, el esfuerzo de arrastre se vuelve más desfavorable; pero al disminuirla, el esfuerzo de empuje se ve más perjudicado. Con todo esto, la conclusión que obtenemos es:

- Agarre entre 90-95 cm es mejor arrastrar
- Agarre entre 95-100 cm no existe una diferencia apreciable
- Agarre superior a 100 cm la mejor opción es la de empujar.

A modo de conclusión, como nuestro punto de agarre va a estar superior a los 100 cm, vamos a diseñar un mango que nos permita empujar nuestro roller para transportarlo.

ESTUDIO DE MOVIMIENTO UNIDIRECCIONAL

Como hemos comentado en apartados anteriores, las características de la bomba que vamos a utilizar solo permiten el bombeo en una dirección, por lo que, para que nuestro dispositivo funcione correctamente, solo ha de poder rodar en la dirección de giro de la bomba.

Para solucionar este problema se han planteado dos alternativas. En primer lugar, podríamos incluir un sistema de bloqueo de giro mediante piñones, colocado en la unión del bidón al asa. Por otra parte, pensamos en la posibilidad de modificar la forma del asa, incluyéndole ciertas partes móviles que cumpliesen esta condición.

Tras debatir las ventajas e inconvenientes de cada solución, decidimos descartar la primera, ya que ésta añade mucha complejidad al diseño, y una avería en el mismo acabaría con la vida del roller, puesto que en las zonas en las que se va a utilizar no se cuenta con los medios necesarios para realizar reparaciones. Así pues, pasamos a describir el sistema diseñado para la nueva asa.

Por otra parte, y para que el uso sea todavía más fácil e intuitivo, podríamos mecanizar en la superficie rodante del bidón, una serie de flechas que nos indiquen cuál es el sentido de giro correspondiente. A continuación se muestra una pequeña aproximación de cuál sería el resultado.

Ilustración 35 Mecanizado de flechas de dirección en el bidón

Ahora ya nos centraremos en el diseño del mecanismo del mango, para ello, hemos pasado por tres fases, desde la idea más sencilla hasta el sistema definitivo.

En primer lugar, se diseñó un mango sencillo de tal manera que si empujábamos el roller, éste giraba en la dirección deseada, y si tirábamos de él, se apoyaba una pata en el suelo bloqueando el giro y por lo tanto el desplazamiento de nuestro bidón. A continuación se muestra el resultado.

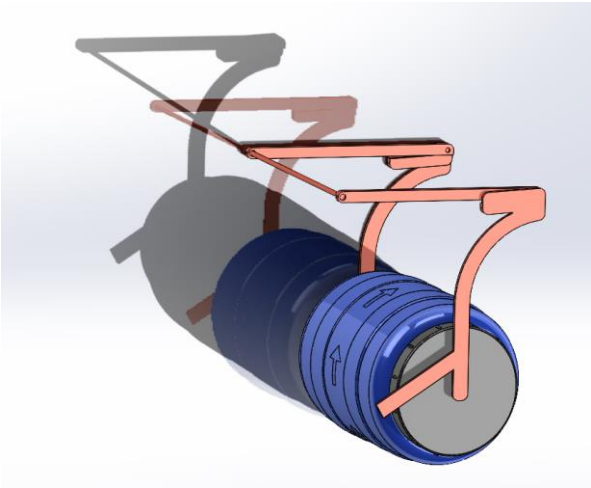


Ilustración 36 Diseño 1

Mediante simulaciones en SolidWorks, comprobamos que se cumplieran nuestros requerimientos, obteniendo los siguientes resultados:

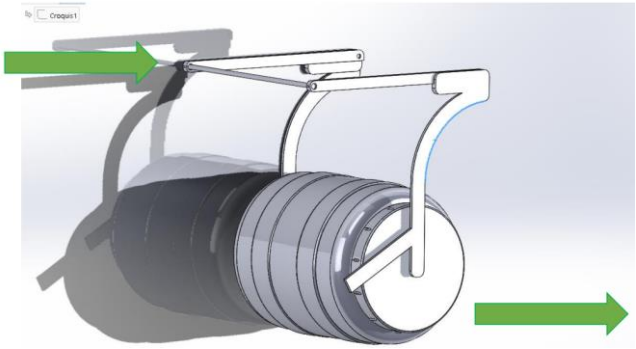


Ilustración 37 Diseño 1: giro permitido

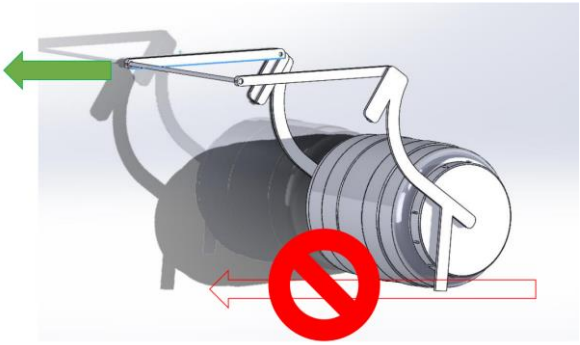


Ilustración 38 Diseño 1: giro bloqueado

A primera vista, parece que nuestro sistema cumple con el objetivo, pero llevando su uso al extremo, y teniendo en cuenta que se va a utilizar en lugares con pocos recursos y por lo tanto, baja capacidad de razonamiento; se planteó el problema de que dándole la vuelta al asa, ésta podía ser utilizada para empujar el bidón y girar en la dirección desfavorable.

De esta forma se llegó al segundo diseño que se muestra a continuación:

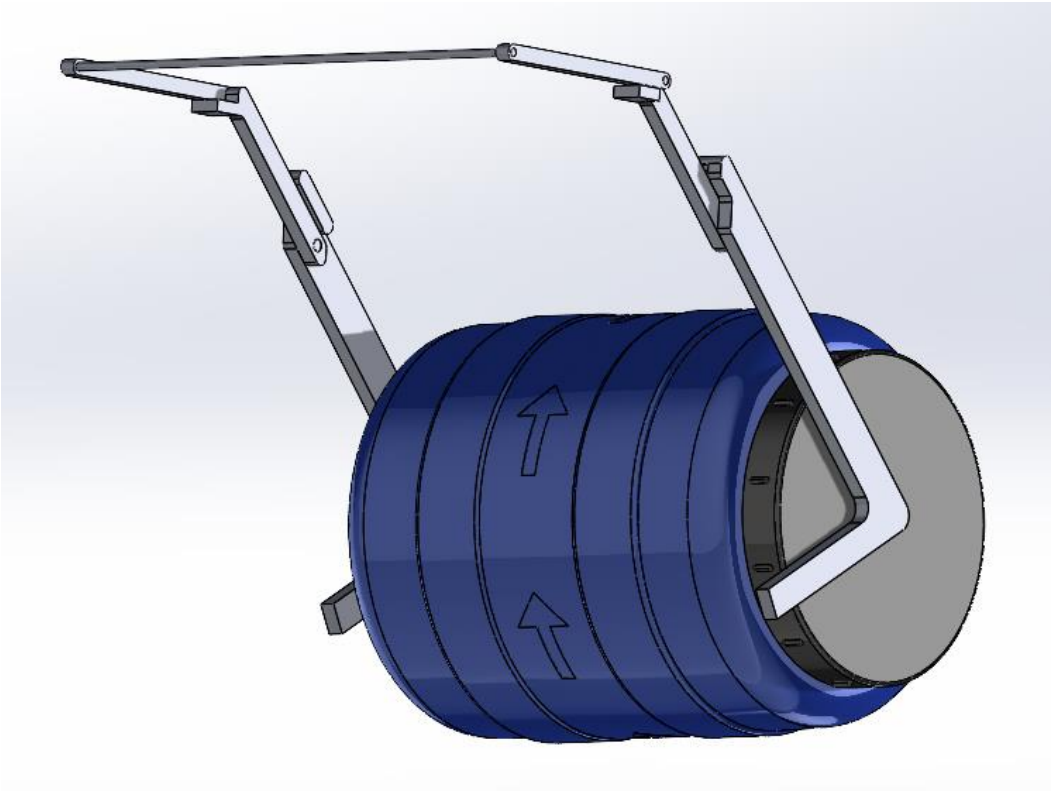


Ilustración 39 Diseño 2

Esta solución resuelve el problema anterior, de tal manera que si se lleva el asa al lado contrario y se intenta empujar de ella, lo que giraría el bidón en sentido contrario, ésta bloquea el movimiento como se desea.

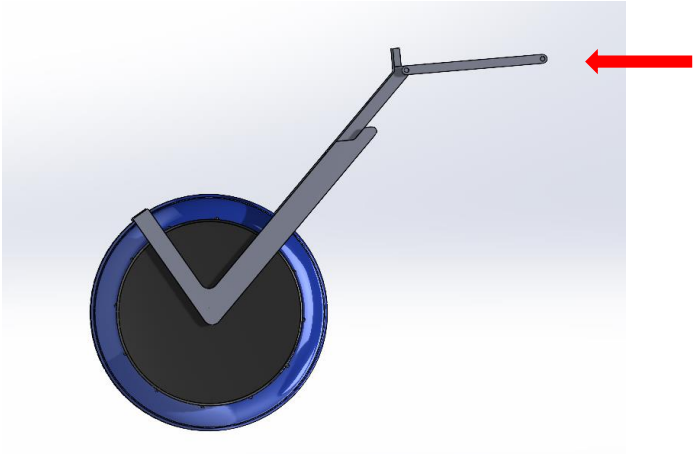


Ilustración 40 Diseño 2: posición desfavorable de uso

Esta sería la posición supuesta, y como vamos a observar en la siguiente imagen, el giro se bloquearía mediante la rotación de nuestra asa, que permite apoyar la pata en el suelo.

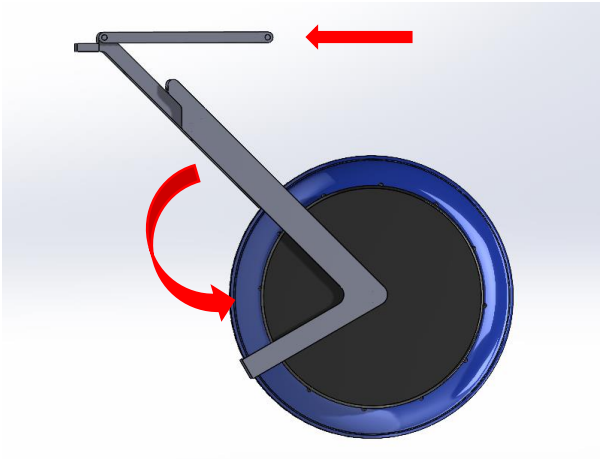


Ilustración 41 Diseño 2: bloqueo de giro

En este punto, ya tenemos solucionado nuestro problema, pero el diseño y fabricación de todas las piezas que componen el conjunto, resultaría muy caro, por lo que se buscó otra alternativa para poder llevar a cabo nuestro proyecto en el futuro.

El diseño 3 utiliza tuberías de metal o plástico modificadas, lo que reduce bastante el precio total del conjunto. En este caso únicamente debemos fabricar dos piezas diferentes, y el montaje y ensamblaje de todas las piezas podría realizarse mediante remaches.

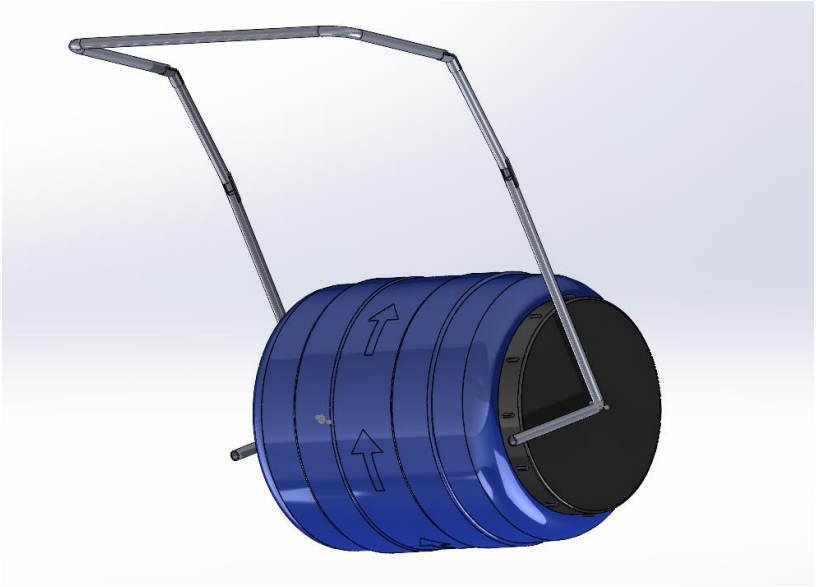


Ilustración 42 Diseño 3: definitivo

Además de cumplir nuestro requerimiento del bloqueo de giro, este sistema puede ser de gran ayuda, en el caso de querer avanzar por una gran pendiente. Si el usuario es un niño por ejemplo, evitamos que el peso pueda caer sobre él, pudiendo causar lesiones.

MECANIZADO DE LA TAPA

En este apartado vamos a ver como se realiza el montaje de la parte de la tapa, que incluye la bomba y los orificios de entrada y salida de agua. Para ello, realizaremos una serie de modificaciones sobre la tapa original como se indica a continuación.

En primer lugar, debemos tomar las medidas de los cuatro tornillos que tiene nuestra bomba, ya que los aprovecharemos, cambiándolos por unos más largos, para asegurar la bomba a nuestra tapa. Además de estos cuatro orificios, debemos realizar un quinto en el centro, por el que saldrá el eje de giro de la bomba, donde colocaremos el asa del roller a modo de bloqueo. Con estas medidas, realizamos los agujeros consiguiendo este resultado:

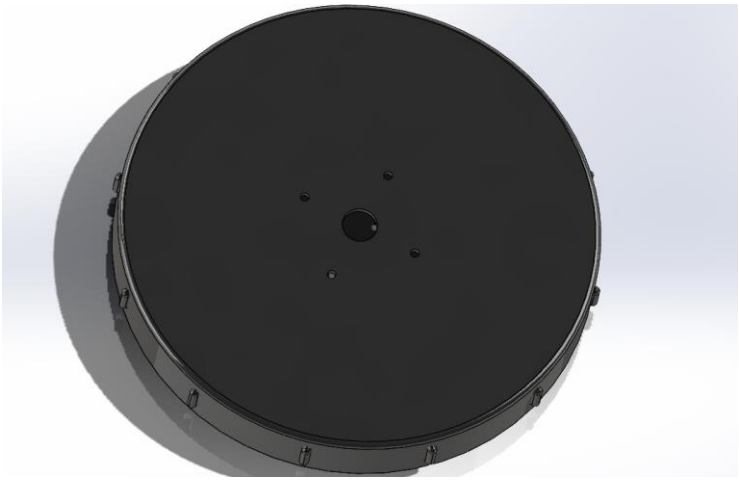


Ilustración 43 Mecanizado de orificios para sujección de la bomba

El siguiente paso a realizar es colocar la bomba en su lugar, y asegurar los cuatro tornillos bien para que la bomba no se mueva con el giro del roller.

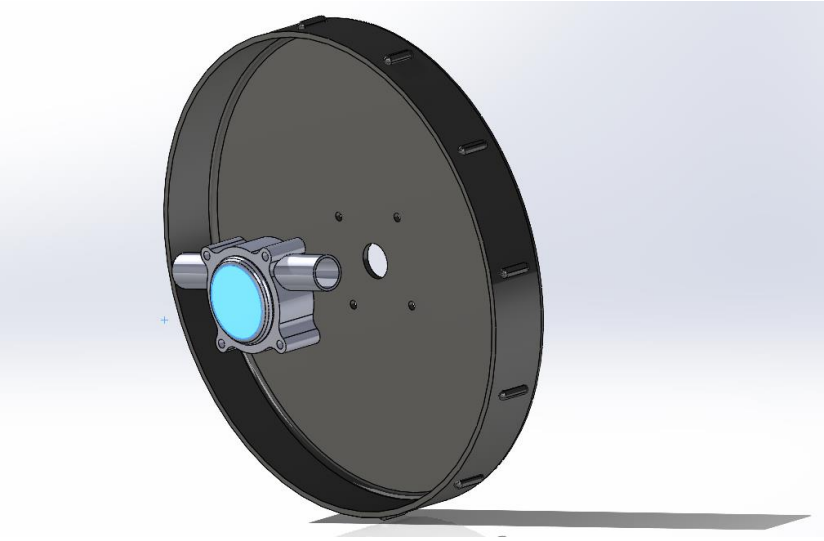


Ilustración 44 Colocación de la bomba

Una vez asegurada la bomba a la tapa, se deben sellar correctamente los orificios realizados para una correcta estanqueidad. Esto puede realizarse colocando previamente juntas de plástico que sellen a medida que se aplica presión, o simplemente mediante un cordón de silicona al finalizar el proceso de ensamblaje.

El resultado final se muestra a continuación:

Ilustración 45 Ensamblaje de la bomba en la tapa

Por último, hay que realizar los orificios de entrada y salida de agua del bidón. Para esto, vamos a utilizar una medida de tapón estándar como el que utilizan las botellas de plástico convencionales. La medida de los orificios serán 30mm de diámetro. Esto es muy importante ya que, en caso de pérdida, el roller no queda inutilizable, sino que el tapón puede ser sustituido por otro similar.

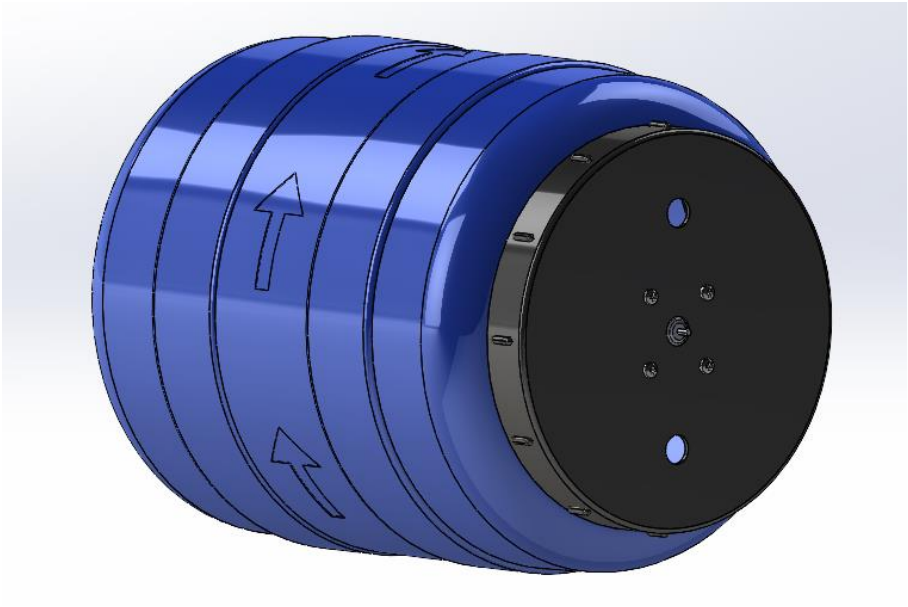


Ilustración 46 Resultado final

DISEÑO FINAL

El diseño final del dispositivo, tras solucionar ciertos problemas que nos surgían en las alternativas planteadas anteriormente es el siguiente:

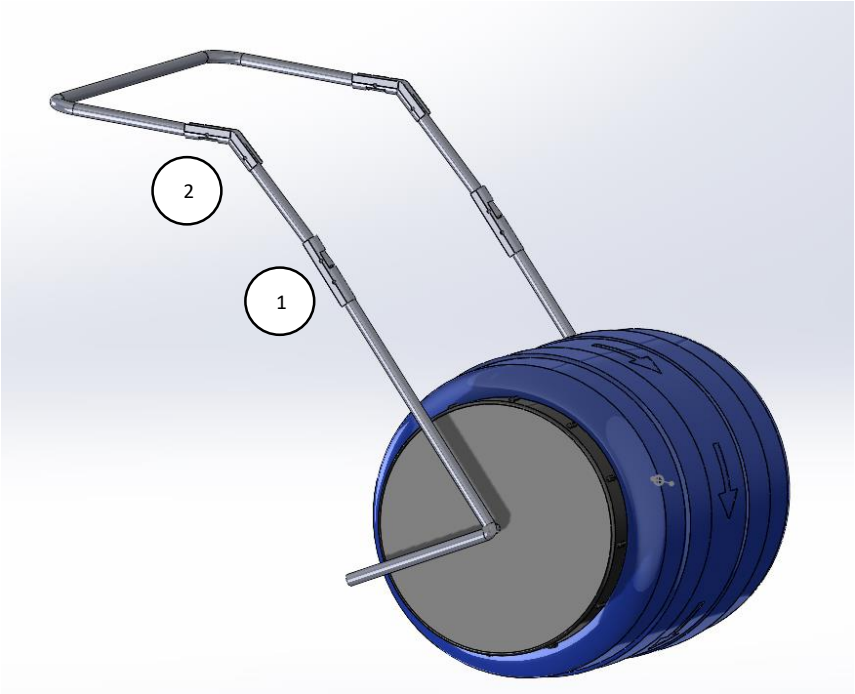


Ilustración 47 Diseño final de nuestro producto

La parte principal del diseño se ha centrado en las piezas 1 y 2 señaladas anteriormente. Hemos intentado que éstas fuesen lo más sencillas posibles, dándoles la posibilidad de fabricarlas también a partir de tuberías viejas, pudiendo reciclar las mismas y darles una segunda vida. Además, con respecto al diseño anterior, se han alargado estas piezas y se les ha dado un mayor grosos para que estas resistan perfectamente a las tensiones que puedan sufrir.

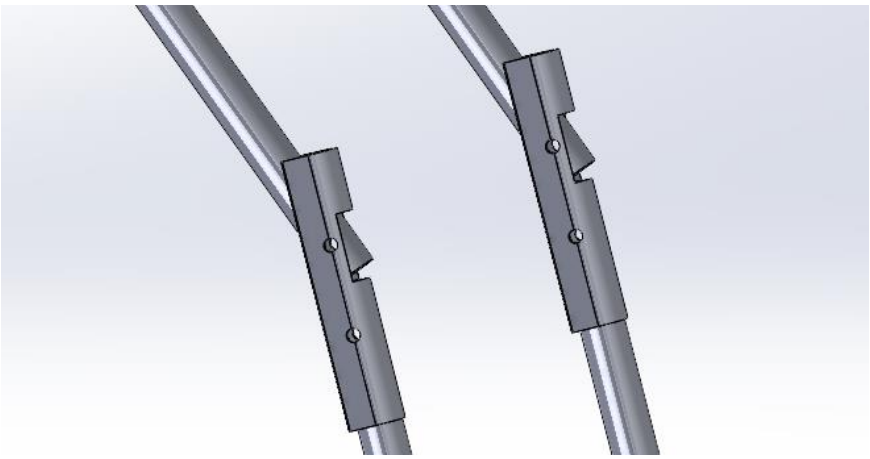


Ilustración 48 Detalles piezas 1

Por último, se han abierto unas ventanas para permitir el giro de las barras, como veremos a continuación.

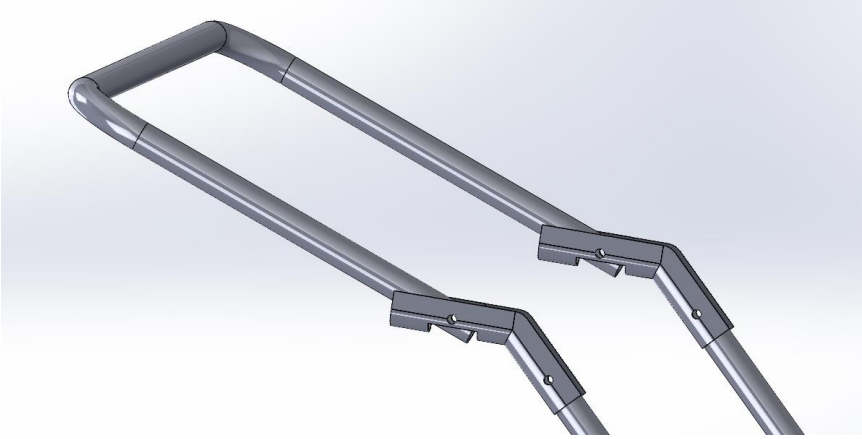


Ilustración 49 Detalles piezas 2

En los anexos podemos ver los planos constructivos de ambas piezas, con mayor detalle.

CÁLCULOS

DISTANCIA TOTAL RECORRIDA PARA UN FILTRADO COMPLETO

Tomando como referencia la bomba elegida anteriormente, vamos a realizar una serie de cálculos para evaluar la distancia mínima que hemos de recorrer desde la fuente de agua hasta el lugar de consumo, para conseguir la filtración completa de nuestro volumen.

Las características de nuestra bomba son las siguientes:

POTENCIA MÁXIMA DE 450 l/h a 300 rpm

El volumen total de nuestro recipiente es de 55 litros

Con todo esto sabemos que:

$$\frac{450\ l}{1\ h} * \frac{1}{55\ l} = 8{,}18\ \frac{1}{h} = 0{,}122\ h$$

Este es el tiempo que tarda nuestro bidón en filtrarse completamente.

Como sabemos que la bomba tiene un giro de 300rpm:

$$0{,}122h * \frac{60\ min}{1\ h} = 7,33mins$$

$$7{,}33min * 300rpm = 2200\ vueltas$$

Como el diámetro de nuestro bidón es de 40cm, el radió será igual a 0,2m y por lo tanto:

$$2200vueltas * 2\pi * R = 2200 * 2\pi * 0{,}2 = \mathbf{2765,60\ metros}$$

De estas cuentas podemos concluir con que tenemos que recorrer unos 2750 metros para conseguir el filtrado total de nuestro volumen. Este resultado no es el esperado ya que, como comentábamos en la introducción, según la OMS la fuente de agua ha de encontrarse a menos de 1km de distancia, o 30 minutos andando.

Para solucionar este problema, podemos elegir otra bomba diferente, esta vez con una mayor potencia de bombeo y un mayor caudal, como la seleccionada a continuación:

Ilustración 50 Bomba peristáltica con mayor potencia (35)

Esta nueva bomba (35) tiene una potencia máxima muy superior, de 3000l/h a 300rpm, por lo tanto:

$$\frac{3000\ l}{1\ h} * \frac{1}{55\ l} = 54{,}54\ \frac{1}{h} = 0{,}0183\ h$$

Este es el tiempo que tarda nuestro bidón en filtrarse completamente.

$$0{,}0183h * \frac{60\ min}{1\ h} = 1{,}1\ minutos$$

$$1{,}1\ min * 300rpm = 330\ vueltas$$

Como el diámetro de nuestro bidón es de 40cm, el radió será igual a 0,2m y por lo tanto:

$$330vueltas * 2\pi * R = 330 * 2\pi * 0{,}2 = \mathbf{414{,}69\ metros}$$

Como podemos comprobar la distancia a recorrer es ahora mucho menor que en el caso anterior, y entra dentro del umbral propuesto por la OMS, por lo que decidimos cambiar la bomba. Pese a ser un poco más cara (unos 5 euros más), la mejora en cuanto a la distancia a recorrer es muy significativa, ganando así tiempo y por lo tanto salud para la población que se beneficie de nuestro diseño.

NUMERO TOTAL DE CICLOS QUE PUEDE REALIZAR NUESTRO FILTRO

Una de las características por las que hemos elegido la utilización de un filtro sawyer en nuestro diseño es su larga vida útil. Según el fabricante, podemos purificar un total de 378540 litros de agua demostrados. En nuestro diseño, cada ciclo de filtrado suponen unos 55 litros de media, por lo tanto:

$$378540\ l * \frac{1\ ciclo}{55\ l} = 6882{,}54\ ciclos$$

Suponiendo que una mujer realiza un solo viaje diario para satisfacer las necesidades de su familia:

$$6880\ ciclos * \frac{1\ dia}{1\ ciclo} * \frac{1\ año}{365\ días} = 18{,}84\ años$$

Con un solo dispositivo de filtrado podremos realizar alrededor de **6880 ciclos** de transporte y filtrado, lo que supone un total de **18 años** de transporte de agua.

PRESUPUESTO FORMAL

En el siguiente apartado vamos a realizar el presupuesto formal de nuestro Trabajo de Fin de Grado.

Se va a desglosar el presupuesto en capítulos que serán denominados según la etapa del diseño en la que se esté trabajando.

Los diferentes capítulos serán la investigación y desarrollo de nuestra idea, el capítulo de elementos comerciales, el de fabricación y montaje, y un último capítulo en el que se recogerá el presupuesto total como suma de todos los anteriores.

Para la realización del presupuesto se ha tenido en cuenta el salario promedio (36) de cada operario que interviene en el proyecto en el año 2022, así como el valor promedio de los elementos comerciales utilizados.

CAPÍTULO 1. INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO

En este apartado, tomamos el salario anual de un ingeniero de diseño mecánico, obteniendo un salario por horas de 15,90€/h (36). Tras esto se definen las distintas fases de esta etapa y multiplicamos las horas empleadas por las horas del trabajador.

En la siguiente tabla se muestra el precio descompuesto de la etapa de investigación y desarrollo:

Tabla 8 Precio descompuesto de la etapa de investigación y desarrollo

PROCESO	TIEMPO (horas)	PRECIO (€/h)	COSTE (€)
Planteamiento	100	15,90	1590,00
Diseño 3D	75	15,90	1192,50
Documentación	40	15,90	636,00
Cálculos	25	15,90	397,50
TOTAL			**3816,00**

CAPÍTULO 2. ELEMENTOS COMERCIALES

La siguiente tabla muestra el precio descompuesto de los elementos comerciales:

Tabla 9 Precio descompuesto de los elementos comerciales

ELEMENTO	UD. DE OBRA	PRECIO (€/Ud.)	COSTE (€)
Bidón	1 [Ud]	20,00 (€/Ud.)	20,00
Depósito	1 [Ud]	30,00 (€/Ud.)	30,00
Bomba	1 [Ud]	10,00 (€/Ud.)	10,00
Filtro	1 [Ud]	20,00 (€/Ud.)	20,00
Manguera	0,50 [m]	2,99 (€/Ud.)	1,50
Abrazaderas	2 [Ud]	0,88 (€/Ud.)	1,76
Pieza de asa 1	2 [Ud]	13,50 (€/Ud.)	27,00
Pieza de asa 2	2 [Ud]	11,50 (€/Ud.)	23,00
Remache	8 [Ud]	0,21 (€/Ud.)	1,68
TOTAL			**134,94**

CAPÍTULO 3. FABRICACIÓN Y MONTAJE

En este apartado, tomamos el salario anual de un operario de taller, obteniendo un salario por horas de 9,80€/h (36). Tras esto se definen las distintas fases de esta etapa y multiplicamos las horas empleadas por las horas del trabajador.

En la siguiente tabla se muestra el precio descompuesto de la etapa de investigación y desarrollo:

Tabla 10 Precio descompuesto de la fabricación y montaje

PROCESO	TIEMPO (horas)	PRECIO (€/h)	COSTE (€)
Cortado	1	9,80	9,80
Doblado	4	9,80	39,20
Taladrado	2	9,80	19,60
Soldadura	2	9,80	19,60
Montaje	3	9,80	29,40
Acabado	2	9,80	19,60
Puesta a punto	3	9,80	29,40
TOTAL			**166,60**

El tiempo estimado en la tabla anterior se corresponde con el empleado en la fabricación y montaje de 20 unidades de nuestro diseño, por lo tanto, el presupuesto unitario de este capítulo será de **8,33€.**

CAPÍTULO 4. PRESUPUESTO TOTAL DEL PROYECTO

En este apartado haremos una recopilación de los costes de cada precio descompuesto, que definen cada etapa del proyecto y obtendremos la cuantía total, para poder estimar así el precio total del proyecto.

La siguiente tabla muestra el coste total del diseño.

Tabla 11 Estimación del prespuesto final del proyecto

	COSTE (€)
Capítulo 1. INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO	3816,00
Capítulo 2. ELEMENTOS COMERCIALES	134,94
Capítulo 3. FABRICACIÓN Y MONTAJE	8,33
TOTAL	**3559,27**

Hay que comentar que se trata de un coste total aproximado ya que no se han considerado las labores de mantenimiento, transporte, carga y descarga. Además, se ha supuesto que el total de los tubos utilizados en el asa han sido reutilizados, por lo que tienen coste 0.

ESTUDIO DE VIABILIDAD ECONÓMICA

Como ya sabemos, el precio unitario de nuestros productos es elevado y no podrá ser adquirido por las familias a las que van destinados, debido a la escasez de recursos en sus lugares de origen. Por ello, la idea principal del trabajo es la de trabajar conjuntamente con una ONG que aporte soporte económico para el desarrollo de nuestro proyecto.

En la primera fase del proyecto, vamos a fabricar y ensamblar una cantidad principal de 250 unidades en el taller de la universidad, éstos serán trasladados en un contenedor de 20ft desde el puerto de Barcelona hasta el puerto de Douala (Camerún) ya que van a ser utilizados en la aldea cercana de Ndoktouna. Además, se enviarán a un equipo de dos ingenieros a dicha aldea para la formación de la población y para la puesta en marcha, que volarán desde el aeropuerto de El Prat (Barcelona) hasta Douala (Camerún), y se alojarán en el Onomo Hotel Douala en una habitación estándar durante toda la semana de su estancia.

En primer lugar, del capítulo anterior, para nuestras 250 unidades, tenemos un gasto total de:

Tabla 12 Estimación del presupuesto de la primera tirada de 250 unidades

	COSTE (€)
Capítulo 1. INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO	3816,00
Capítulo 2. ELEMENTOS COMERCIALES	33735,00
Capítulo 3. FABRICACIÓN Y MONTAJE	2082,50
TOTAL	**39633,50**

Estos 250 equipos de filtrado ocupan mucho volumen, por lo que deberán ser trasladados en conteiner por vía marítima. La medida óptima del conteiner será de 20ft, que es una medida estándar. El envío se realizará desde el puerto de Barcelona al de Douala, teniendo un tiempo de tránsito de unos 27 días. En este apartado, el coste total del envío es de unos 3001,00€ como veremos a continuación (37).

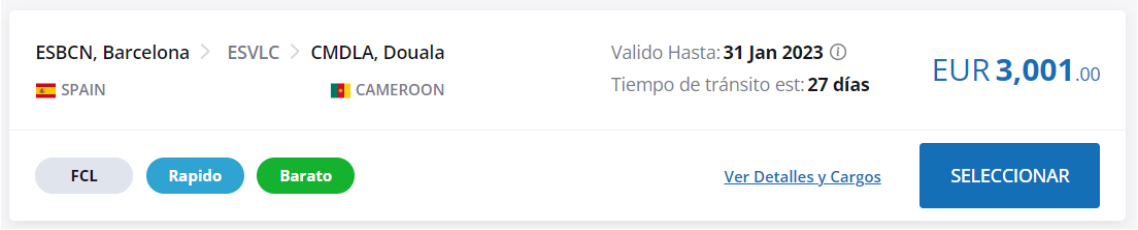


Ilustración 51 Precio estimado del envío en conteiner (37)

En cuanto al transporte de los dos ingenieros hasta el lugar de destino, se utilizará un vuelo entre el aeropuerto de Barcelona y el de Douala, con maleta facturada incluida y que nos supondrá un gasto de 807,84€ (38) por pasajero, vuelos de ida y vuelta.

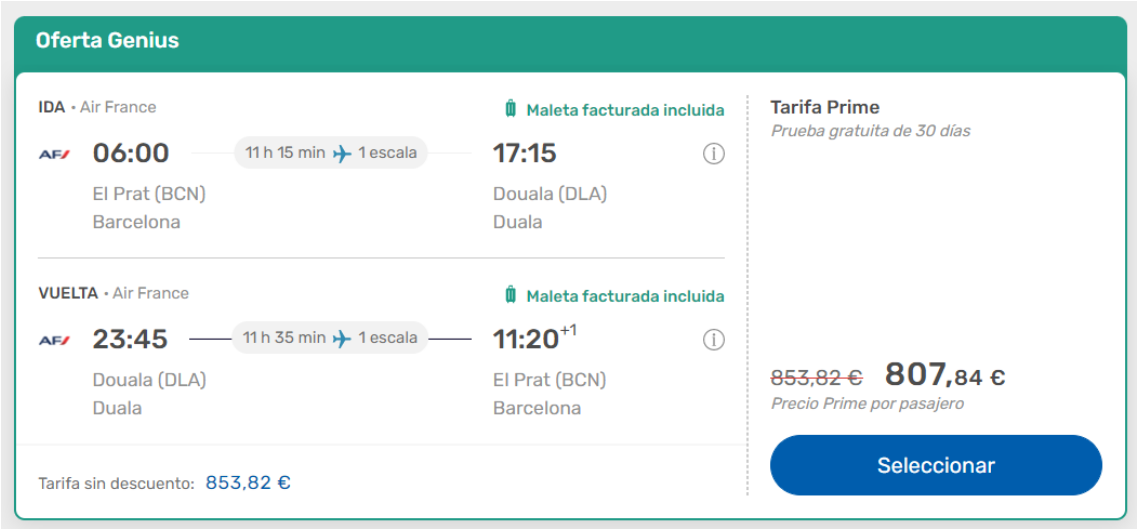


Ilustración 52 Precio estimado de los vuelos de los ingenieros (38)

El alojamiento, como hemos comentado se realizará en el Onomo Hotel Douala, situado muy próximo a la aldea de Ndoktouna. Ambos ingenieros compartirán una habitación doble y tendrán desayuno incluido. El precio total de la semana es de 860,00€ (39).

Ilustración 53 Precio estimado del alojamiento de ambos ingenieros (39)

A modo de resumen, en la siguiente tabla mostraremos el presupuesto descompuesto y total de nuestra puesta en marcha del proyecto:

Tabla 13 Estimación del presupuesto total de puesta en marcha

	COSTE (€)
FABRICACIÓN Y MONTAJE	39633,50
TRANSPORTE MARÍTIMO	3001,00
VUELO	1615,68
ALOJAMIENTO	860,00
GASTOS EXTRAS*	1000,0
TOTAL	**46110,18**

*En el conjunto de gastos extras están incluidos el transporte hasta el aeropuerto, las comidas y cenas, y ciertos imprevistos que puedan surgir.

A modo de conclusión, diremos que necesitamos una inversión de alrededor de **50.000€** por parte de alguna ONG para poner en marcha nuestro trabajo.

Una organización que podría ser interesante es ACTEC. Es una ING de desarrollo que lleva trabajando desde 1982 a favor de las poblaciones más vulnerables de los países del Sur, desarrollando proyectos de formación técnica y profesional y de apoyo a los microempresarios. Está presente en Camerún desde 2004 y ha invertido mucho en los sectores de educación técnica y emprendurismo urbano (40).

ACTEC
Un oficio para todos

Ilustración 54 Logotipo ACTEC (40)

CONCLUSIONES

Teniendo en cuenta los requerimientos técnicos de nuestro producto y las necesidades a resolver en nuestro proyecto, podemos llegar a las siguientes conclusiones:

1. Se ha diseñado un producto lo más **ergonómico** posible para disminuir las lesiones al transportar grandes cantidades de agua. Su uso no dará lugar a fatiga en exceso, ni requerir posturas forzadas.
2. Se ha reducido el tamaño del recipiente, de 90 litros a **60 litros**, para facilitar el transporte y que esta labor pueda ser hecha por cualquier persona, ya sea hombre, mujer o niño, pero que a su vez satisfaga las necesidades de agua diarias de una familia.
3. Se trata de un mecanismo **sencillo**, que no aporta complejidad al uso y mantenimiento del mismo, sin piezas mecánicas que puedan romperse con el paso del tiempo.
4. El uso es muy **intuitivo**, no necesita formación al usuario. En nuestro caso, al utilizar una bomba unidireccional, el giro del bidón puede darse únicamente en una dirección, por lo que se ha decido indicarlo con flechas en el recipiente. Además, como veremos en el diseño final, esto se ha tenido en cuenta, y se ha ideado una modificación en el mango para impedir el giro en la dirección no deseada.
5. El diseño incluye **factores diferenciadores** respecto a la competencia. En nuestro caso, la ventaja competitiva es que conseguimos **ocupar y filtrar el 100% del volumen** de nuestro recipiente, mientras que nuestros competidores, únicamente consiguen ocupar el 50% según hemos podido informarnos.
6. Su precio es lo más **asequible** posible, por lo que se ha decidido, en una primera fase, modificar los rollers existentes, incorporándoles a éstos nuestro sistema de filtrado. Más adelante, se podría realizar el proyecto para una fabricación propia, lo que conllevaría un aumento del precio.
7. Su proceso productivo es **sostenible**, pudiendo reciclar diferentes tipos de plásticos o metales o dándole una segunda vida a objetos que han caído en desuso.

La conclusión final, se puede resumir en que, estamos muy satisfechos con el grado de cumplimiento de los objetivos marcados desde el planteamiento inicial del proyecto. Es cierto que no todos los objetivos se han conseguido en su totalidad, pero los más importantes, no sólo se han logrado sino que se han superado las expectativas iniciales. Concluiremos entonces diciendo que el balance es muy positivo.

LÍNEAS FUTURAS

El presente proyecto ha conseguido lograr los objetivos previstos, sin embargo, se han abierto nuevas vías de trabajo e investigación, relacionados sobre todo con la materialización del equipo diseñado.

Se podría realizar el prototipado del producto para analizar así diversos aspectos que nos ayuden a conseguir un producto final mejor. Estos análisis estarían relacionados con la resistencia mecánica de las piezas con mayores esfuerzos, y la vida útil esperada de cada una.

Otra línea de futuro sería la implementación de nuevos materiales y métodos de fabricación para conseguir un dispositivo más sostenible, económico, duradero, ergonómico… Con los avances de la tecnología y la ciencia de materiales se han descubierto novedades que podrían ser implementadas en nuestro diseño.

Finalmente se podrían estudiar otras vías para reducir todavía más el precio y favorecer el desarrollo de la economía local. Esto podría lograrse mediante un estudio de los procesos de fabricación, para poder lograr fabricarlos en el país de origen. Esto produciría una gran implicación de la población local, sintiéndose éstos parte del proceso productivo. Además, se conseguiría que el producto fuese más asequible pudiendo llegar a una mayor parte de la población.

BIBLIOGRAFÍA

1. **Ayuda en acción.** Ayuda en Acción. *Ayuda en Acción.* [En línea] 19 de 12 de 2017. https://ayudaenaccion.org/blog/sostenibilidad/problemas-del-agua-africa/.

2. **Organización de las Naciones Unidas.** undp.org. [En línea] 27 de Septiembre de 2015. [Citado el: 12 de Diciembre de 2022.] https://www.undp.org/es/sustainable-development-goals.

3. **Ana Carvajal, Alejandro Rísquez, Luis Echezuría, Mariano Fernández, Julio Castro, Lisbeth Aurentis.** Comisión de Epidemiología, Sociedad Venezolana de Infectología. [En línea] 1 de Enero de 2019. [Citado el: 13 de Diciembre de 2022.] https://docs.bvsalud.org/biblioref/2019/07/1007546/02-carvajal-a-5-9.pdf#:~:text=De%20acuerdo%20con%20la%20OMS,d%C3%ADa%20por%20persona%20(3)..

4. **Instituto Nacional de Estadísitica.** Situacion del agua en España. [En línea] 27 de Julio de 2022. [Citado el: 12 de Diciembre de 2022.] https://www.epdata.es/datos/graficos-situacion-agua-mundo-espana/333?accion=1.

5. **The Food and Agriculture Organization of the United Nations.** fao.org. [En línea] 15 de Mayo de 2011. [Citado el: 12 de Diciembre de 2022.] http://chartsbin.com/view/1472.

6. **WaterAid.** iagua. [En línea] 25 de Octubre de 2018. [Citado el: 12 de Diciembre de 2022.] https://www.iagua.es/blogs/facts-and-figures/10-paises-porcentaje-mas-acceso-al-agua.

7. **Europa Press.** revista Plos One. [En línea] 2 de Junio de 2022. [Citado el: 13 de Diciembre de 2022.] https://www.infosalus.com/salud-investigacion/noticia-portear-agua-hogar-pone-riesgo-salud-mujeres-ninos-africanos-20160602065033.html.

8. **Naciones Unidas.** *La mujer en el mundo, Tendencias y estadísticas.* Nueva York : s.n., 2014. ISBN: 978-92-1361249-1.

9. **[En línea] https://www.esglobal.org/acarrear-agua-la-maraton-diaria-muchas-mujeres-africa/.**

10. [En línea] https://www.alamy.com/stock-photo-children-carry-water-buckets-in-laos-lack-of-running-water-is-a-significant-87920140.html.

11. [En línea] https://www.shutterstock.com/es/search/water-somalia.

12. [En línea] https://puzzlefactory.pl/es/rompecabezas/jugar/animales/303406-burros-ayudan-a-llevar-agua-%C3%A1frica#12x9.

13. [En línea] https://elpais.com/planeta-futuro/2021-02-27/bicicletas-con-las-que-las-mujeres-rurales-en-tanzania-ganan-dinero-y-tiempo.html.

14. [En línea] https://es.dreamstime.com/carros-de-agua-y-barriles-del-en-el-medio-desierto-sud%C3%A1n-%C3%A1frica-image141755592.

15. [En línea] https://www.ecoavant.com/sostenibilidad/el-agua-que-llega-rodando_2171_102.html.

16. HIPPO ROLLER. [En línea] https://www.hipporoller.org/.

17. WELLO WATERWHEEL. [En línea] http://wellowater.org/products.html.

18. Q DRUM. [En línea] https://www.qdrum.co.za/.

19. AQUAROLL. [En línea] https://www.aquaroll.com/.

20. WATERBALL. [En línea] https://waterstep.org/product/waterball/.

21. POMP. [En línea] https://www.coroflot.com/darlingonzalez/Projects.

22. BARREL. [En línea] http://www.wesmichaels.com/projects/hippo.php.

23. ECOINVENTOS. Ecoinventos, el hippo roller. *Ecoinventos, el hippo roller.* [En línea] 25 de Noviembre de 2019. [Citado el: 18 de Diciembre de 2022.] https://ecoinventos.com/hippo-water-roller/.

24. —. Potavel Ecoinventos. [En línea] 01 de Noviembre de 2017. [Citado el: 18 de Diciembre de 2022.] https://ecoinventos.com/potavel-carro-purificador-de-agua-2/.

25. ECOOSFERA. SafeSIPP Ecoosfera. [En línea] 6 de Diciembre de 2022. [Citado el: 18 de Diciembre de 2022.] https://ecoosfera.com/destacados/safesipp-un-contenedor-que-al-rodar-purifica-el-agua/.

26. Water on a roll. [En línea] 11 de Marzo de 2016. [Citado el: 18 de Diciembre de 2022.] https://knowledge.ulprospector.com/3980/pe-loop-transport-system-keeps-water-roll/.

27. Alonso, Julio A. Romero. ARREVOL. [En línea] 13 de Noviembre de 2017. [Citado el: 19 de Diciembre de 2022.] https://www.arrevol.com/blog/7-sistemas-filtros-para-purificar-el-agua-de-tu-vivienda.

28. BIDÓN. [En línea] https://cauchosypavimentos.com/pvc-flexible/bidones-y-cajas/bidon-de-plastico-con-boca-ancha-de-60-litros-cierre-roscado.html.

29. DEPÓSTO FLEXIBLE. [En línea] https://www.promonautica.com/depositos/2379-deposito-flexible-55-litros-rectangular.html?gclid=CjwKCAiAjs2bBhACEiwALTBWZZAmunm-xojnmH5Zuy-7Rm3QN9Ko9CzxJRYJqHp8Rs97tbqi5Dfk8hoCODsQAvD_BwE.

30. BOMBA PERISTALTICA. [En línea] amazon.es/Mannesmann-M-446-Bomba-taladros/dp/B000K2NPD2/ref=sr_1_15_mod_primary_new?__mk_es_ES=ÅMÅŽÕÑ&crid=29XCN48Z3PS4Z&keywords=bomba+peristáltica+para+taladro&qid=1667466354&qu=eyJxc2MiOiIyLjAyIiwicXNhIjoiMC4wMCIsInFzcCI6IjAuMDAifQ%3D%3D&sbo=RZvfv%2F%2.

31. FILTRO SAWYER. [En línea] https://www.amazon.es/ENONEO-Purificador-Supervivencia-Filtraci%C3%B3n-emergencias/dp/B09WH6V4MH/ref=asc_df_B09WH6V4MH/?tag=googshopes-21&linkCode=df0&hvadid=593138924151&hvpos=&hvnetw=g&hvrand=15502512173054043174&hvpone=&hvptwo=&hvqmt=&hvdev=c&hvdvcmdl=.

32. TUBO CORRUGADO PVC. [En línea] https://www.aiscan.com/tienda/conductos-plastico/aiscan-tei-colores/.

33. ABRAZADERA. [En línea] https://www.leroymerlin.es/productos/ferreteria-y-seguridad/cadenas-cuerdas-y-cinchas/abrazaderas/pack-de-2-abrazaderas-acero-regulables-s-m-12-a-22mm-19416341.html?utm_campaign=LM_Empoderar_AO_SmartShopping_Todas_Categoria/final_Google_Conversion_OMD&gcl.

34. INSST. Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el trabajo. [En línea] [Citado el: 17 de Diciembre de 2022.] https://herramientasprl.insst.es/ergonomia/manipulacion-manual-empuje-arrastre-transporte.

35. BOMBA PERISTÁLTICA 2. [En línea] https://www.amazon.es/Wolfcraft-2207000-Bomba-taladro-v%C3%A1stago/dp/B0001P197M/ref=d_pd_sbs_sccl_3_2/260-0334165-5120223?pd_rd_w=Imwgz&content-id=amzn1.sym.6a04ed93-16e3-4432-a005-46a7f6a9f8fe&pf_rd_p=6a04ed93-16e3-4432-a005-46a7f6a9f8fe&pf_rd_r=V0A5J5F.

36. TALENT.COM. SALARIO PROMEDIO. [En línea] [Citado el: 26 de Diciembre de 2022.] https://es.talent.com/salary.

37. iContainers. [En línea] https://my.icontainers.com/quotes/b2924d33-b3ea-46ad-85bf-b3dfe51290e7.

38. edreams. [En línea] https://www.edreams.es/travel/?locale=es_ES#results/type=R;dep=2023-01-16;from=BCN;to=DLA;ret=2023-01-22;adults=2;kid0Age=false;kid1Age=false;kid2Age=false;kid3Age=false;kid4Age=false;kid5Age=false;infant0Age=false;infant1Age=false;infant2Age=false;infant.

39. booking. [En línea] https://www.booking.com/searchresults.es.html?aid=303946&label=douala-sNJWN_0kzQoM8CJFvabaSgS540149783887%3Apl%3Ata%3Ap1%3Ap2%3Aac%3Aap%3Aneg%3Afi%3Atiaud-297601666555%3Akwd-4630717699%3Alp9047051%3Ali%3Adec%3Adm&sid=cf42d27876ab1da10a65a13c7fea4d22&sb=1&.

40. ACTEC. [En línea] https://actec-ong.org/es/nuestros-proyectos/camerun.

ANEXOS

1. OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE
2. TABLAS SNOOK Y CIRIELLO
3. PLANOS CONSTRUCTIVOS
    - PIEZA 1, JUNTA ABAJO
    - PIEZA 2, JUNTA ARRIBA
    - PIEZA 3, ASA ABAJO
    - PIEZA 4, ASA MEDIO
    - PIEZA 5, ASA ARRIBA

LOS ODS EN LA UMH

FICHA EXPLICATIVA

¿QUÉ ES LA AGENDA 2030?

La Agenda 2030 es un acuerdo integral, multidimensional (aborda la dimensión económica, la social y la ambiental del desarrollo sostenible) y de aplicación universal firmado por los Estados miembros de Naciones Unidas. Este plan de acción requiere el compromiso y la participación activa de la Administración Pública, del sector privado y de la sociedad civil, y gira entorno a cinco ejes centrales sobre los que se desarrollan 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS).

5 EJES CENTRALES DE LA AGENDA 2030

PLANETA	ALIANZAS	PAZ	PERSONAS	PROSPERIDAD
ODS. 6, 12, 13 ,14, 15	ODS.17	ODS.16	ODS. 1, 2, 3, 4, 5	ODS. 7, 8, 9, 10, 11

¿QUÉ SON LOS ODS?

Son un conjunto de objetivos globales y concisos orientados a la acción que buscan proteger el planeta, erradicar la pobreza, conseguir la paz y la prosperidad para todos y todas. Cada ODS incluye diferentes metas (en total 169) para el cumplimiento de cada objetivo.

LAS UNIVERSIDADES Y LOS ODS

Las universidades, como difusoras y garantes del conocimiento, impulsoras de la innovación y el progreso, cumplen un papel fundamental para lograr los ODS.

Aportaciones de la universidad a los ODS

- Proporcionar formación académica para comprender los ODS.
- Empoderar y movilizar a las nuevas generaciones.
- Capacitar a las personas para abordar desafíos globales.
- Crear empleos que implementen los ODS.
- Investigar y desarrollar proyectos que incluyan los ODS.

Aportaciones de los ODS a la universidad

- Aumentar la demanda de formación.
- Proporcionar una definición de universidad socialmente responsable.
- Mostrar el impacto de la universidad en materia de desarrollo sostenible.
- Fomentar la colaboración con nuevos socios y crear sinergias.
- Generar nuevas fuentes de financiación.

UNIVERSITAS Miguel Hernández

Vicerrectorado de Relaciones Internacionales

Vicerrectorado de Inclusión, Sostenibilidad y Deportes

OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE

SI QUIERES CONOCER MÁS PINCHA EN EL TÍTULO DE CADA ODS

1 FIN DE LA POBREZA

1.Poner fin a la pobreza en todas las partes del mundo.
Medidas de protección social; acceso a servicios básicos; resiliencia de grupos vulnerables; sistemas de microfinanciación; protección ante desastres naturales, económicos o sociales; acciones de cooperación al desarrollo, etc.

2 HAMBRE CERO

2. Poner fin al hambre.
Medidas para garantizar acceso a alimentación sana, nutritiva y suficiente; sostenibilidad de sistemas de producción de alimentos; diversidad agrícola y animal, etc.

3 SALUD Y BIENESTAR

3. Garantizar una vida sana y promover el bienestar para todos en todas las edades.
Acciones de prevención de enfermedades o patologías, promoción de salud mental y bienestar, prevención de conductas adictivas, fomento de hábitos saludables; entre otros.

4 EDUCACIÓN DE CALIDAD

4.Garantizar una educación inclusiva, equitativa y de calidad y promover oportunidades de aprendizaje para todos.
Fomentar el acceso igualitario a la formación técnica, profesional y superior de calidad, competencias para acceder al empleo, trabajo decente y emprendimiento; eliminar desigualdades y crear ecosistemas educativos inclusivos.

5 IGUALDAD DE GÉNERO

5. Lograr la igualdad entre los géneros y empoderar a todas las mujeres y niñas.
Medidas que eliminen la discriminación por razón de género; erradicación de cualquier forma de violencia; acciones de corresponsabilidad o participación plena y efectiva en puestos de liderazgo.

6 AGUA LIMPIA Y SANEAMIENTO

6. Garantizar la disponibilidad de agua y su gestión sostenible y el saneamiento para todos.
Medidas de acceso a servicios de saneamiento e higiene adecuados y equitativos; sistemas de reciclado y reutilización del agua; uso eficiente de recursos hídricos; entre otros.

7 ENERGÍA ASEQUIBLE Y NO CONTAMINANTE

7. Garantizar el acceso a una energía asequible, segura, sostenible y moderna para todos.
Se incluyen acciones de uso de energías renovables y limpias; mejora de la eficiencia energética y modernización de la gestión energética, entre otras.

8 TRABAJO DECENTE Y CRECIMIENTO ECONÓMICO

8. Fomentar el crecimiento económico sostenido, inclusivo y sostenible, el empleo pleno y productivo, y el trabajo decente.
Acciones de diversificación e innovación; creación de microempresas y acceso a financiación; empleo productivo y trabajo decente; igualdad salarial; derechos laborales y entornos seguros de trabajo; acceso al empleo y mejora de la empleabilidad en los jóvenes.

9 INDUSTRIA, INNOVACIÓN E INFRAESTRUCTURA

9. Desarrollar infraestructuras resilientes, promover la industrialización inclusiva y sostenible, y fomentar la innovación.
Creación de infraestructuras fiables, sostenibles, accesibles, y de calidad; optimización de recursos; diversificación e innovación industrial; acceso universal a las tecnologías de la información y la comunicación.

10 REDUCCIÓN DE LAS DESIGUALDADES

10. Reducir la desigualdad en y entre los países.

Potenciar y promover la inclusión social y económica de todas las personas; garantizar la igualdad de oportunidades y reducir la desigualdad de resultados; entre otras.

11 CIUDADES Y COMUNIDADES SOSTENIBLES

11. Desarrollar infraestructuras resilientes, promover la industrialización inclusiva y sostenible, y fomentar la innovación.
Fomentar el transporte seguro, asequible, accesible y sostenible; urbanización inclusiva; salvaguardar el patrimonio cultural; mejora de la calidad del aire y la gestión de residuos; acceso universal a espacios verdes, etc.

12 PRODUCCIÓN Y CONSUMO RESPONSABLES

12. Desarrollar infraestructuras resilientes, promover la industrialización inclusiva y sostenible, y fomentar la innovación.
Medidas de gestión sostenible y uso eficiente de recursos naturales; acciones de reducción, reciclado y reutilización; prácticas sostenibles en la contratación público; entre otros.

13 ACCIÓN POR EL CLIMA

13. Adoptar medidas urgentes para combatir el cambio climático y sus efectos.
Acciones de adaptación a los riesgos del cambio climático y desastres naturales; formación y sensibilización para mitigar sus efectos y/o medidas que contribuyan a reducirlos.

14 VIDA SUBMARINA

14. Conservar y utilizar sosteniblemente los océanos, los mares y los recursos marinos.
Medidas para gestionar y proteger sosteniblemente los ecosistemas marinos y costeros, entre otros.

15 VIDA DE ECOSISTEMAS TERRESTRES

15. Gestionar sosteniblemente los bosques, luchar contra la desertificación, detener e invertir la degradación de las tierras y la pérdida de biodiversidad.
Velar por la conservación, el restablecimiento y el uso sostenible de ecosistemas; medidas para evitar la degradación de hábitats naturales; conservar la diversidad biológica y de los ecosistemas.

16 PAZ, JUSTICIA E INSTITUCIONES SÓLIDAS

16. Promover sociedades justas, pacíficas e inclusivas.
Acciones para evitar cualquier tipo de violencia; garantizar el estado de derecho; gestión eficiente y responsable; transparencia y rendición de cuentas; participación inclusiva, participativa y representativa; entre otras.

17 ALIANZAS PARA LOGRAR LOS OBJETIVOS

17. Revitalizar la Alianza Mundial para el Desarrollo Sostenible.
Se incluyen medidas en las áreas de finanzas, tecnología, creación de capacidad, comercio, y cuestiones sistémicas orientadas a la coherencia normativa e institucional, las alianzas entre múltiples interesados, y la gestión de datos y rendición de cuentas.

*La presente información se ha obtenido a través de versas fuentes cómo la Conselleria de Participación, Transparencia, Cooperación y Calidad Democrática y Naciones Unidas.

SI QUIERES AMPLIAR INFORMACIÓN SOBRE CÓMO EVALUAR LOS ODS EN LA UMH VISITA EL SIGUIENTE ENLACE

MANIPULACIÓN MANUAL DE CARGAS. TABLAS DE SNOOK Y CIRIELLO. NORMA ISO 11228

Laura Ruiz Ruiz
Centro Nacional de Nuevas Tecnologías
Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo

ÍNDICE

1. Introducción
2. Criterios básicos para la determinación de las capacidades de manipulación manual de cargas
   2.1. Criterio biomecánico
   2.2. Criterio fisiológico
   2.3. Criterio psicofísico
3. Tablas de Snook y Ciriello
   3.1. Transporte de cargas
   3.2. Empuje y tracción de cargas
4. Norma ISO 11228
   4.1. Levantamiento y transporte
   4.2. Empuje y tracción

Bibliografía

1. INTRODUCCIÓN

El establecimiento de unos límites de carga seguros es imprescindible para evitar la aparición de trastornos musculoesqueléticos, especialmente en la zona dorsolumbar de la espalda.

Existen tres *criterios* que establecen estos límites: el *biomecánico*, el *fisiológico* y el *psicofísico*. Lo ideal sería aplicar los tres y proponer como criterio limitante aquel que resulte más seguro para la tarea, aunque esta opción resulta difícil y costosa.

El criterio psicofísico parece integrarse con los criterios biomecánico y fisiológico para tareas de levantamiento no demasiado frecuentes (hasta 6 lev/min). Este criterio ha sido desarrollado por autores como **Snook y Ciriello**, que crearon unas tablas en 1991 para evaluar tareas de levantamiento, depósito, transporte, empuje y tracción de cargas.

Por otro lado, la **Norma ISO 11228** constituye la primera Norma Internacional sobre manipulación manual y desarrolla métodos de evaluación y recomendaciones ergonómicas para los diferentes tipos de tareas de manipulación de cargas.

2. CRITERIOS BÁSICOS PARA LA DETERMINACIÓN DE LAS CAPACIDADES DE MANIPULACIÓN MANUAL DE CARGAS

Si se quieren establecer unos límites seguros a la hora de evaluar las tareas en las que existe manipulación manual de cargas, se deben utilizar tres criterios básicos que limitan los diferentes aspectos negativos que se pueden presentar en ellas.

Estos criterios son:

Criterio biomecánico
Criterio fisiológico
Criterio psicofísico

2.1. Criterio biomecánico

Este criterio se basa en la aplicación de la biomecánica ocupacional.

> *La biomecánica es un campo de conocimientos interdisciplinar que estudia la actividad del cuerpo humano y analiza las consecuencias mecánicas que se derivan de ella. Se basa en unas disciplinas de apoyo que son, entre otras, la mecánica, la anatomía, y la antropometría.*

La ***biomecánica ocupacional*** tiene su campo de aplicación en:

- El diseño de herramientas.
- El diseño de puestos de trabajo.
- El diseño de mobiliario.
- La determinación de límites en las tareas asociadas a manejo de cargas.

Debido a lo complejo que resultan de obtener datos biomecánicos, en la práctica se utilizan **modelos biomecánicos**, que son simplificaciones de la realidad biomecánica y sirven para hacer cálculos de los esfuerzos internos y de las reacciones en las articulaciones. Estos modelos consideran al cuerpo humano como un sistema mecánico de segmentos y articulaciones con las mismas longitudes, masas y momentos de inercia que los correspondientes segmentos humanos.

2.2. Criterio fisiológico

Este criterio limita el consumo metabólico y la fatiga asociada a las tareas de elevación manual de cargas repetitivas.

Si un trabajador manipula cargas o las levanta desde el suelo, sobre todo si es de forma frecuente, está realizando un esfuerzo físico importante, y su respuesta fisiológica va a verse afectada.

Los estudios fisiológicos han relacionado las funciones metabólica y circulatoria con los límites fisiológicos del trabajador. Para ello, se mide el consumo energético, de modo directo o estimado a partir de la frecuencia cardíaca. Así se han propuesto diferentes fórmulas, como por ejemplo, las de Garg:

Tabla 1. Cálculo del consumo energético (Garg, 1976)

CÁLCULO DEL CONSUMO ENERGÉTICO (GARG, 1976)

LEVANTAMIENTO CON TRONCO INCLINADO:

$$E = 0.0109\ BW + (0.0012\ BW + 0.0052\ L + 0.0028\ SL) * F$$

LEVANTAMIENTO AGACHADO:

$$E = 0.0109\ BW + (0.0019\ BW + 0.0081\ L + 0.0023\ SL) * F$$

LEVANTAMIENTO CON TRONCO ERGUIDO:

$$E = 0.0109\ BW + (0.0002\ BW + 0.0103\ L + 0.0017\ SL) * F$$

Siendo:

E = Gasto energético (kcal/min)

BW = Peso del cuerpo (lb)

L = Peso de la carga (lb)

S = Sexo (Mujer = 0; Hombre = 1)

F = Frecuencia del levantamiento (lev/min)

1 Libra (lb) = 0,4536 kg

Para el establecimiento de valores límite, los estudios se han basado en la medición del consumo metabólico, estableciéndose un gasto energético máximo de 2.2 a 4.7 kcal/min, en función de la posición vertical de la carga en el levantamiento y de la duración de éste (*tabla 1*).

Tabla 1: Valores límite de gasto energético para levantamientos frecuentes (Kcal/min)

	DURACIÓN DEL LEVANTAMIENTO		
POSICION VERTICAL	**< 1 h**	**1-2 h**	**2-8 h**
V ≤ 75 cm	4.7	3.7	3.1
V > 75 cm	3.3	2.7	2.2

3.2. Criterio psicofísico

Los métodos psicofísicos limitan la carga de trabajo basándose en la percepción del esfuerzo del levantamiento por parte de los trabajadores.

Se ha desarrollado modelos de predicción de la capacidad de manipulación en estudios como los de Snook y Ciriello (1991), que publicaron sus resultados como "Valores Máximos Aceptables de Pesos y Fuerzas (véase apartado 3). Para ello, realizaron pruebas subjetivas, en los que los trabajadores indicaban los pesos que podían manipular bajo determinadas condiciones y variables de la tarea.

Se tuvieron en cuenta las siguientes variables:

- Frecuencia de la tarea
- Desplazamiento vertical de la carga
- Posición vertical de la carga
- Duración de la tarea
- Tamaño del objeto
- Peso de la carga
- Calidad del agarre

Controlaron las siguientes condiciones:

- Temperatura y humedad
- Vestimenta del trabajador
- Calzado (de seguridad)
- Estado de salud de los trabajadores

Se midieron los siguientes parámetros:

- Consumo de oxígeno
- Frecuencia cardíaca
- Características antropométricas

Con los datos obtenidos se confeccionaron diversas tablas que contenían límites aceptables de pesos y fuerzas para un porcentaje dado de la población trabajadora, en función de las variables de las tareas.

3. TABLAS DE SNOOK Y CIRIELLO

Las tablas de Snook y Ciriello (1991) establecen los Valores Máximos Aceptables de Pesos y Fuerzas para un determinado porcentaje de la población en unas condiciones dadas. Estas tablas integran los resultados de siete experimentos previos, publicados en 1978, con los de otros cuatro estudios adicionales que validaron algunas de las suposiciones hechas en la primera publicación.

Los estudios se realizaron sobre hombres y mujeres, trabajadores industriales, cuyo al objetivo era estudiar la asociación entre dolores dorso-lumbares y la realización de tareas de levantamiento, descenso, transporte, empuje y tracción de cargas. En base a los resultados, construyeron tablas para estos cinco tipos de tareas y para los dos sexos; en total nueve tablas.

Según estos autores, una tarea se considera **aceptable** cuando es capaz de realizarla al menos el 90% de la población trabajadora. Si la pueden realizar entre el 90% y el 75% la tarea debe ser **mejorada**, aunque ciertos trabajadores entrenados podrían llevarla a cabo sin riesgo significativo para su salud. Las tareas que pueden ser realizadas por menos del 75% de los trabajadores se consideran de **riesgo** y deben ser rediseñadas (tabla 3).

Tabla 3: Conclusiones de los estudios de Snook y Ciriello

TAREA ACEPTABLE	**>90%**
TAREA MEJORABLE	**90% - 75%**
TAREA DE RIESGO	**<75%**

A continuación se explica más detenidamente la evaluación del riesgo mediante las tablas de Snook y Ciriello para las tareas de transporte, empuje y tracción, que son las más utilizadas. Para la evaluación de las tareas de elevación y descenso de cargas son preferibles otros métodos (por ejemplo, la ecuación NIOSH).

3.1. Transporte de carga

Mediante el uso de estas tablas se puede determinar el Valor Máximo Aceptable de Peso que puede ser transportado por una persona en unas condiciones predeterminadas. Para ello se deben tener en cuenta las siguientes variables:

- **Frecuencia de transporte:** se contempla el rango desde un transporte cada 8 horas hasta uno cada 6 segundos.
- **Distancia de transporte de la carga:** se consideran tres valores: 2,1, 4,3 y 8,5 metros.
- **Altura vertical a la que se transporta la carga:** se contemplan dos posibilidades, la altura de los codos (111 cm en hombres y 105 cm en mujeres) o la altura de los nudillos del trabajador (79 y 72 cm respectivamente). (*Figura 1*)

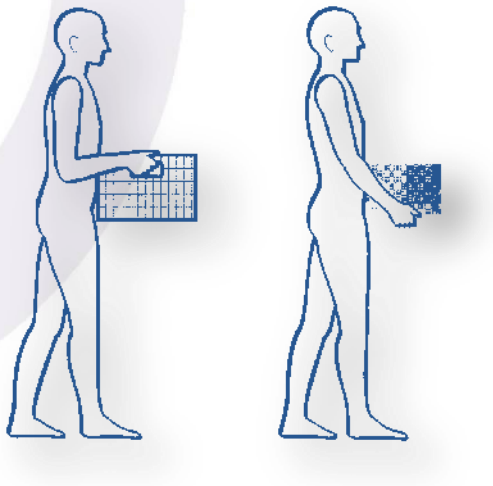


Figura 1. Altura vertical de transporte

- **Sexo del trabajador:** existen tablas para hombres y para mujeres.
- **Porcentaje de población** que es capaz de transportar la carga: se dan los percentiles 90, 75, 50, 25 y 10.

Cuando los valores reales de las variables *frecuencia*, *distancia* y *altura* se encuentran entre dos valores de las tablas, se puede bien interpolar los valores o bien aproximar al valor de la variable más cercano o más desfavorable.

Ejemplo de aplicación:

Si en una tarea se transporta una carga de 14 kg sujeta a la altura de los codos, una vez cada 15 segundos, recorriendo una distancia de 2 metros. ¿Qué porcentaje de mujeres y de hombres puede realizarla con seguridad?

Peso máximo aceptable para transporte (Kg)

		Transporte cada 2,1 metros							Transporte cada 4,3 metros							Transporte cada 8,5 metros						
		Un transporte cada							Un transporte cada							Un transporte cada						
Altura	Porcentaje	6 seg	12 seg	1 min	2 min	5 min	30 min	8 h	10 seg	16 seg	1 min	2 min	5 min	30 min	8 h	18 seg	24 seg	1 min	2 min	5 min	30 min	8 h
													HOMBRES									
	90	10	14	17	17	19	21	25	9	11	15	15	17	19	22	10	11	13	13	15	17	20
	75	14	19	23	23	26	29	34	13	16	21	21	23	26	30	13	15	18	18	20	23	27
111	50	***19***	25	30	30	33	38	44	17	20	27	27	30	34	39	17	19	23	24	26	29	35
	25	***23***	30	37	37	41	46	54	***20***	25	33	33	37	41	48	***21***	***24***	29	29	32	36	43
	10	***27***	***35***	43	43	48	54	63	***24***	29	38	39	43	48	57	***24***	***28***	34	34	38	42	50
	90	13	17	21	21	23	26	31	11	14	18	19	21	23	27	13	15	17	18	20	22	26
	75	18	23	28	29	32	36	42	16	19	25	25	28	32	37	17	20	24	24	27	30	35
79	50	***23***	30	37	37	41	46	54	***20***	25	32	33	36	41	48	***22***	***26***	31	31	35	39	46
	25	***28***	***37***	45	46	51	57	67	***25***	30	40	40	45	50	59	***27***	***32***	38	38	42	48	56
	10	***33***	***43***	53	53	59	66	78	***29***	35	47	47	52	59	69	***32***	***38***	44	45	50	56	65
													MUJERES									
	90	11	12	13	13	13	13	18	9	10	13	13	13	13	18	10	11	12	12	12	12	16
	75	***13***	14	15	15	16	16	21	***11***	12	15	15	16	16	21	***12***	***13***	14	14	14	14	19
105	50	***15***	16	18	18	18	18	25	***12***	13	18	18	18	18	24	***14***	***15***	16	16	16	16	22
	25	***17***	***18***	20	20	21	21	28	***14***	15	20	20	21	21	28	***15***	***17***	18	18	19	19	25
	10	***19***	***20***	22	22	23	23	31	***16***	17	22	22	23	23	32	***17***	***19***	20	20	21	21	28
	90	***13***	14	16	16	16	16	22	10	11	14	14	14	14	20	***12***	12	14	14	14	14	19
	75	***15***	***17***	18	18	19	19	25	11	13	16	16	17	17	23	***14***	***15***	16	16	17	17	23
72	50	***17***	***19***	21	21	22	22	29	***13***	15	19	19	20	20	26	***16***	***17***	19	19	20	20	26
	25	***20***	***22***	24	24	25	25	33	***15***	17	22	22	22	22	30	***18***	***19***	21	21	22	22	30
	10	***22***	***24***	27	27	28	28	37	***17***	***19***	24	24	25	25	33	***20***	***21***	24	24	25	25	33

Tabla 4. Solución ejemplo de aplicación de transporte de cargas

*Esta tarea la pueden realizar con seguridad el **75%** de las mujeres y el **90%** de los hombres. La tarea debería ser **mejorada** para las mujeres, aunque si éstas estuvieran entrenadas podrían llevarla a cabo sin riesgo significativo para su salud, mientras que para los hombres se considera una tarea **aceptable**.*

3.2. Empuje y tracción

A diferencia del resto de las tareas de manipulación, en las tareas de empujen y tracción se van a comparar fuerzas (fuerzas reales vs. fuerzas máximas teóricas) en vez de pesos.

Las tareas de empuje y tracción no dejan de ser tareas de transporte de cargas en las que las cargas que se mueven no están sostenidas por el trabajador sino que están en contacto directo con el suelo o sobre algún elemento que se encuentre sobre el suelo (carretillas, palé, etc.). Por lo tanto, para mover una carga se necesita realizar una fuerza capaz de trasladarla venciendo, además, el rozamiento del suelo.

Así, se diferencian dos tipos de fuerzas:

- **La fuerza inicial,** que es el pico de fuerza necesario para vencer el rozamiento inicial y acelerar el objeto para ponerlo en movimiento.
- **La fuerza sostenida** que hay que ejercer para desplazar el objeto durante el recorrido después de ser puesto en movimiento.

Para determinar con las tablas de Snook y Ciriello el Valor Máximo Aceptable de Fuerza que puede realizarse para mover una carga empujándola o arrastrándola sin que exista un riesgo de lesión, es imprescindible conocer el valor de ambas fuerzas, inicial y sostenida. Estas fuerzas se miden utilizando un instrumento que se denomina dinamómetro (*Imágenes 1 y 2*).

Imágenes 1 y 2. Dinamómetro y utilización del dinamómetro

En las tablas se tienen en cuenta, además, las siguientes variables:

- **Frecuencia de la tarea:** desde una aplicación cada 8 horas a una cada 6 segundos.
- **Distancia de desplazamiento de la carga:** se dan seis valores entre 2,1 y 61 metros.
- **Altura a la que se aplica la fuerza de empuje o tracción:** se tienen en cuenta tres alturas diferentes (144, 95 y 64 cm para hombres y 135, 89 y 57 cm para mujeres). Estas alturas corresponden aproximadamente a las alturas del hombro, de la cadera y de los nudillos.
- **Sexo del trabajador:** existen tablas para hombres y para mujeres.
- **Porcentaje de la población** que es capaz de realizar la tarea: se contemplan los percentiles 90, 75, 50, 25 y 10.

También aquí se pueden interpolar o aproximar los valores de las variables *frecuencia*, *distancia* y *altura.*

Snook y Ciriello elaboraron dos tablas para cada tarea de empuje y tracción, una con valores para mujeres y otra con valores para hombres. Dentro de cada tabla se dan los valores teóricos de fuerza inicial y los de fuerza sostenida (*Tabla 5*)

Las tablas de Snook y Ciriello han constituido la base para evaluar tareas de empuje y tracción de cargas y, durante mucho tiempo, han sido el único recurso disponible para evaluar estas tareas. Sin embargo, en el año 2007 se publicó una norma internacional, la norma ISO 11228-2, que abordó la evaluación del empuje y la tracción de cargas de una manera más completa (*Ver apartado 4.2*).

Ejemplo de aplicación:

Una trabajadora realiza una tarea en la que debe empujar un objeto con una fuerza inicial de 22 kg y con un punto de aplicación de la fuerza que se encuentra aproximadamente a la altura de los hombros. Recorre una distancia de 1,8 metros y realiza esta actividad una vez cada 12 segundos. ¿Qué porcentaje de mujeres puede realizar esta tarea sin riesgo significativo para su salud?

El primer paso es elegir la tabla adecuada para la situación que se nos plantea. En este caso elegimos la tabla denominada "Fuerzas máximas aceptables de empuje para mujeres".

Fuerzas máximas aceptables de empuje para mujeres (Kg)

Altura	Porcentaje	Un empuje cada 2,1 metros							Un empuje cada 7,6 metros							Un empuje cada 15,2 metros							Un empuje cada 30,5 metros							Un empuje cada 45,7 metros							Un empuje cada 61 metros						
		Un empuje cada							Un empuje cada							Un empuje cada							Un empuje cada							Un empuje cada							Un empuje cada						
		6	12	1	2	5	30	8	15	22	1	2	5	30	8	25	35	1	2	5	30	8	1	2	5	30	8	1	2	5	30	8	2	5	30	8
		seg		min				h	seg		min				h	seg		min				h	min				h	min				h	min				h
																FUERZAS INICIALES																											
	90	14	15	17	18	20	21	22	15	16	16	16	18	19	20	12	14	14	14	15	16	17	12	13	14	15	17	12	13	14	15	17	12	13	14	15
	75	17	18	21	22	24	25	27	18	19	19	20	22	23	24	15	17	17	17	19	20	21	15	16	17	19	21	15	16	17	19	21	14	15	17	19
135	50	20	22	25	26	29	30	32	21	23	23	24	26	27	29	18	20	20	20	22	23	25	18	19	21	22	25	18	19	21	22	25	17	18	20	22
	25	24	25	29	30	33	35	37	25	26	27	28	31	32	31	20	23	23	24	26	27	29	20	22	24	26	29	20	22	24	26	29	20	21	23	26
	10	26	28	33	34	38	39	41	28	30	30	31	34	36	38	23	26	26	26	29	31	32	23	25	27	29	33	23	25	27	29	33	22	24	26	29
	90	14	15	17	18	20	21	22	14	15	16	17	19	19	21	11	13	14	14	16	16	17	12	14	15	16	18	12	14	15	16	18	12	13	14	16
	75	17	18	21	22	24	25	27	17	18	20	20	22	23	25	14	16	17	17	19	20	21	15	16	18	19	21	15	16	18	19	21	15	16	17	19
89	50	20	22	25	26	29	30	32	20	21	23	24	27	28	30	16	19	20	21	23	24	25	18	20	21	23	26	18	20	21	23	26	18	19	20	23
	25	24	25	29	30	33	35	37	23	25	27	28	31	33	34	19	22	23	24	27	28	29	21	23	24	26	30	21	23	24	26	30	20	22	24	27
	10	26	28	33	34	38	39	41	26	28	31	32	35	37	39	22	24	26	27	30	31	33	24	26	28	30	33	24	26	28	30	33	23	25	26	30
	90	11	12	14	14	16	17	18	11	12	14	14	16	16	17	9	11	12	12	13	14	15	11	11	12	13	15	11	12	12	13	15	10	11	12	13
	75	14	15	17	17	19	20	21	14	15	17	17	19	20	21	11	13	14	15	16	17	18	13	13	15	16	18	13	14	15	16	18	12	13	14	16
57	50	16	17	20	20	23	24	25	16	18	20	21	23	24	25	14	15	17	18	19	20	21	15	15	18	19	22	15	17	18	19	22	15	16	17	19
	25	19	20	23	24	27	28	30	19	21	23	24	27	28	29	16	18	20	20	23	24	25	18	18	21	22	25	18	19	21	22	25	17	19	20	23
	10	21	23	26	27	30	31	33	22	23	26	27	30	31	33	18	20	22	23	25	26	28	20	20	23	25	28	20	22	23	25	28	19	21	23	25
																FUERZAS SOSTENIDAS																											
	90	6	8	10	10	11	12	14	6	7	7	7	8	9	11	5	6	6	6	7	7	9	5	6	6	6	8	5	5	5	6	8	4	4	4	6
	75	9	12	14	14	16	17	21	9	10	11	11	12	13	16	7	8	9	9	10	11	13	7	8	9	9	12	7	8	8	8	11	6	6	6	9
135	50	12	16	19	20	21	23	28	12	14	14	15	16	17	21	10	11	12	12	14	14	18	10	11	12	12	16	9	10	11	11	15	8	8	9	12
	25	16	20	24	25	27	29	36	15	17	18	18	20	22	27	12	14	15	16	17	18	22	13	14	15	15	21	11	13	13	14	19	10	10	11	15
	10	18	23	28	29	32	34	42	18	20	21	22	24	26	32	14	17	18	18	20	22	27	15	17	17	18	25	14	15	16	17	22	12	12	13	17
	90	6	7	9	9	10	11	13	6	7	8	8	9	9	11	5	6	6	7	7	8	10	5	6	6	7	9	5	6	6	6	8	4	4	5	6
	75	8	11	13	13	15	16	19	9	10	11	11	13	13	17	7	8	9	10	11	11	14	8	9	9	10	13	7	8	8	9	12	6	6	7	9
89	50	11	15	18	18	20	21	26	12	13	15	15	17	18	22	9	11	13	13	14	15	19	10	12	12	13	17	10	11	11	12	16	8	9	9	12
	25	14	18	22	23	25	27	33	15	17	19	19	21	23	28	12	14	16	16	18	19	24	13	15	15	16	22	12	14	14	15	20	11	11	12	15
	10	17	22	26	27	30	32	39	17	20	22	23	25	27	33	14	17	19	19	21	23	28	16	18	18	19	26	14	16	17	18	24	13	13	14	18
	90	5	6	8	8	9	9	12	6	7	7	7	8	9	11	5	6	6	6	7	7	9	5	6	6	6	8	5	5	5	6	7	4	4	4	6
	75	7	9	11	12	13	14	17	8	10	10	11	12	12	15	7	8	9	9	10	10	13	7	8	8	9	12	7	7	8	8	11	6	6	6	8
57	50	10	13	15	16	17	18	23	11	13	14	14	16	17	21	9	11	12	12	13	14	17	10	11	11	12	16	9	10	10	11	15	8	8	8	11
	25	12	16	19	20	22	23	29	14	17	18	18	20	21	26	12	14	15	15	17	18	22	12	14	14	15	20	11	13	13	14	19	10	10	11	14
	10	15	19	23	23	26	28	34	17	20	21	21	23	25	31	14	16	17	18	20	21	26	15	16	17	18	24	13	15	16	16	22	12	12	13	17

Tabla 5. Solución ejemplo de aplicación de empuje/tracción de cargas

*Según los datos proporcionados en el enunciado podemos decir que, en principio, esta tarea puede realizarse por un **50%** de mujeres sin riesgo significativo, aunque es posible que si conociéramos el valor de la fuerza sostenida necesaria para mantener el objeto en movimiento, este porcentaje fuese aún menor.*

*No obstante, tal y como se ha indicado anteriormente, las tareas que pueden ser realizadas por menos del 75% de los trabajadores se consideran de **riesgo** y deben ser rediseñadas.*

4. NORMA ISO 11228: MÉTODOS DE EVALUACIÓN

La Norma ISO 11228 está formada por tres partes, bajo el título general de "Manipulación manual" (*Manual Handling*):

- Parte 1: Levantamiento y transporte
- Parte 2: Empuje y tracción
- Parte 3: Manipulación de pequeñas cargas a elevada frecuencia

La *parte 3* de la norma quedaría fuera del ámbito de aplicación que normalmente identificamos como "manipulación manual de cargas", ya que las cargas a las que hace referencia son de tamaño inferior a 3 kg, por lo que esta parte estaría más relacionada con el trabajo repetitivo.

4.1. Parte 1: levantamiento y transporte (ISO 11228-1:2003)

Esta parte de la norma ISO 11228 establece un sistema paso a paso para la estimación de los riesgos para la salud derivados de tareas de levantamiento y transporte de cargas. En cada paso, propone límites recomendables y consejos prácticos para la organización ergonómica de estas tareas.

La **evaluación** se realiza en cinco pasos:

- **Paso 1-** Comparación del peso del objeto con un peso de referencia.
- **Paso 2 –** Comparación del peso del objeto y la frecuencia de la tarea con unos límites establecidos.
- **Paso 3 –** Comparación del peso del objeto con los límites proporcionados por una ecuación (similar a la ecuación NIOSH).
- **Paso 4 –** Comparación del peso diario acumulado con el límite máximo diario.
- **Paso 5 –** Comparación del peso diario acumulado y de la distancia recorrida con los límites establecidos.

Si estos cinco pasos se superan satisfactoriamente, entonces el riesgo por levantamiento y transporte de cargas se considerará aceptable bajo estas

condiciones. Si alguno de los pasos anteriores no se supera, será necesaria la adaptación de la tarea.

Por otro lado, la norma propone una serie de recomendaciones en relación con las tareas de manipulación manual de cargas, teniendo en cuenta un amplio rango de factores relevantes incluyendo la naturaleza de la tarea, las características del objeto, el ambiente de trabajo y las capacidades y limitaciones personales de los trabajadores.

4.2. Parte 2: empuje y tracción (ISO 11228-2:2007)

Esta parte proporciona dos métodos para identificar los riesgos potenciales asociados con las tareas de empuje y tracción. También propone recomendaciones para la reducción del riesgo.

El procedimiento de **evaluación del riesgo** identifica dos métodos con los que valorar y evaluar los riesgos emergentes de las tareas de empuje y tracción. El *método 1* es más sencillo y fácil de aplicar para las situaciones más corrientes de un entorno laboral habitual. No obstante, si este método no se ajustase adecuadamente a la situación o a la población a evaluar, entonces debería utilizarse el *método 2*.

El ***método 1*** proporciona una lista de chequeo simple y unas tablas psicofísicas con las que evaluar de forma rápida una tarea (*tabla 6*). Estas tablas son muy similares a las tablas de Snook y Ciriello (*ver apartado 3.2*), pero sólo muestran los valores necesarios para concluir si una tarea se considera aceptable o no, es decir, sólo se reflejan los valores de fuerzas aceptables para más del 90% de la población (los valores de fuerza están expresados en Newton). También existen dos tablas para cada tarea de empuje y tracción, pero en este caso una de ellas contiene los valores teóricos de fuerza inicial y la otra los valores teóricos de fuerza sostenida. Dentro de cada tabla se dan valores diferentes para hombres y para mujeres.

Altura de manejo (cm)		Empuje - Fuerza inicial máxima aceptable (N) – 90% población															
		Frecuencia de empuje															
		10/min 0,1667 Hz		5/min 0,0833 Hz		4/min 0,0667 Hz		2,5/min 0,042 Hz		1/min 0,0167 Hz		1/2min 0,0083 Hz		15 min 0,0033 Hz		1/8 h $3,5\cdot10^{-5}$ Hz	
H	M	H	M	H	M	H	M	H	M	H	M	H	M	H	M	H	M
Distancia: 2 m																	
144	135	200	140	220	150					250	170			260	200	310	220
95	89	210	140	240	150					260	170			280	200	340	220
64	57	190	110	220	120					240	140			250	160	310	180
Distancia: 8 m																	
144	135					140	150			210	160			220	180	260	200
95	89					160	140			230	160			250	190	300	2[illegible]0
64	57					130	110			200	140			210	160	260	170
Distancia: 15 m																	
144	135							160	120	190	140			200	150	250	170
95	89							180	110	220	140			230	160	280	170
64	57							150	90	190	120			200	130	240	150
Distancia: 30 m																	
144	135									150	120			190	140	240	170
95	89									170	120			220	150	270	180
64	57									140	110			190	120	230	150
Distancia: 45 m																	
144	135									130	120			160	140	200	170
95	89									140	120			190	150	230	180
64	57									120	110			160	120	200	150
Distancia: 60 m																	
144	135											120	120	140	130	180	150
95	89											140	120	160	130	200	160
64	57											120	100	140	110	170	130

Para poblaciones mixtas deben usarse los límites para mujeres.
Los valores dados para las menores alturas de manejo no son recomendables.

Tabla 6. Tabla de Empuje-Fuerza inicial máxima aceptable de la norma ISO 11228-2

El ***método 2*** se basa en las características específicas de la población y la tarea para establecer unos niveles límite de fuerza para tareas de empuje y tracción. Se divide en **cuatro partes**:

- **Parte A – Límites de fuerza muscular:** se basa en medidas de fuerza estática y adapta esas fuerzas a las características de la población (por ejemplo, edad, sexo y estatura) y a los requerimientos de la tarea (por ejemplo, frecuencia, duración y distancia recorrida).
- **Parte B – Límites de fuerza esquelética:** tiene en cuenta las fuerzas compresivas en la zona lumbar de la columna vertebral y ajusta las fuerzas de empuje/tracción empleadas de acuerdo con los límites de compresión vertebral según la edad y el sexo.

- **Parte C – Fuerzas máximas permitidas:** se basa para su cálculo en los límites de fuerza muscular y esquelética, seleccionando la fuerza mínima de cada una de ellas.
- **Parte D – Límites de seguridad:** se calcula a partir de la fuerza límite mínima y un factor multiplicador de riesgo.

Para evaluar el riesgo debe compararse la fuerza real con el límite de seguridad calculado. Si la distancia de transporte de la tarea es inferior a 5 metros este límite se comparará con la fuerza real inicial y si es superior se comparará con la fuerza real sostenida.

El *método 2* realiza una división trizonal del nivel de riesgo, mientras que la evaluación global derivada del *método 1* requiere una tasación del riesgo en dos niveles. (*Tablas 7 y 8*)

MÉTODO 1
Aceptable
No aceptable

MÉTODO 2
Aceptable
Condicionalmente aceptable
No aceptable

Tablas 7 y 8. Clasificación del riesgo en los métodos de evaluación de la norma ISO 11228-2

BIBLIOGRAFÍA

AYOUB, M.M. and MITAL, A. (1989) *Manual Materials Handling.* London, Taylor & Francis.

CHAFFIN, D.B. and ANDERSSON, G.B.J. (1984). *Occupational Biomechanics.* New York, John Wiley & Sons.

INSTITUTO NACIONAL DE SEGURIDAD E HIGIENE EN EL TRABAJO (2009) *Evalcargas*. Aplicación Informática para la Prevención. Madrid. INSHT.

WATERS T.R. and PUTZ-ANDERSON V. (1994) *Applications Manual For The Revised NIOSH Lifting Equation.* Publication Nº 94 - 110. US. Department of Health and Human Services. Cincinnati, Ohio. National Institute for Occupational Safety and Health.

MITAL, A., NICHOLSON, A. S., AYOUB, M.M. (1993) A *Guide to Manual materials Handling.* London, Taylor & Francis.

SNOOK, S.H., CIRIELLO, V.M. (1991) *The Design of Manual Handling Tasks: Revised Tables of Maximum Acceptable Weights and Forces.* Ergonomics 34; 1197-1213.

PLANOS CONSTRUCTIVOS

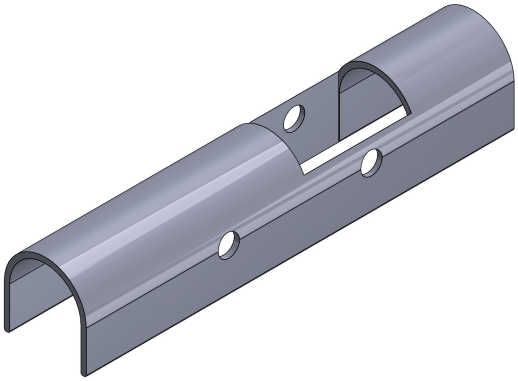
01. JUNTA ABAJO

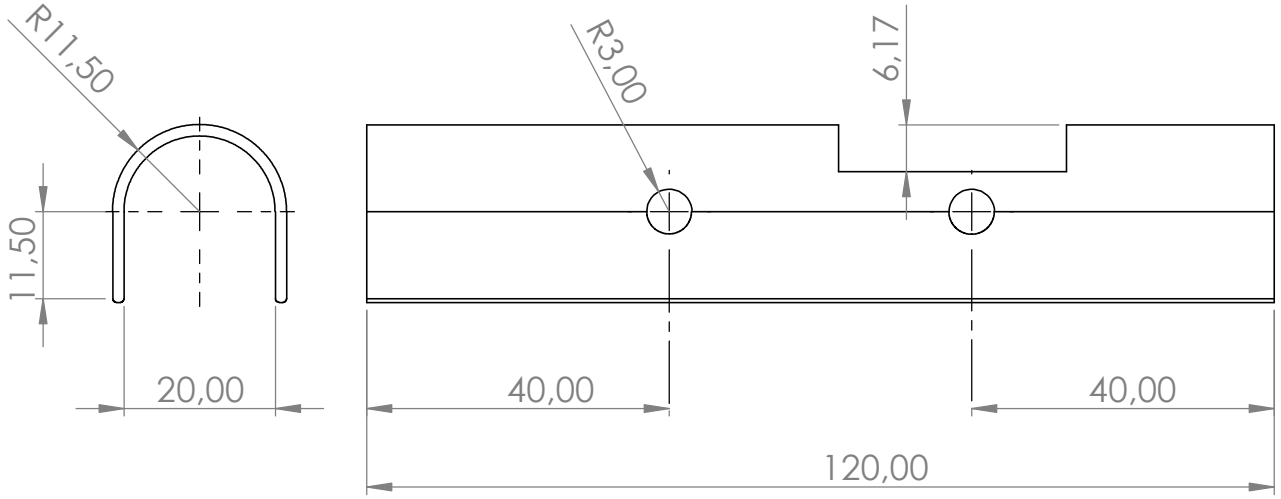
02. JUNTA ARRIBA

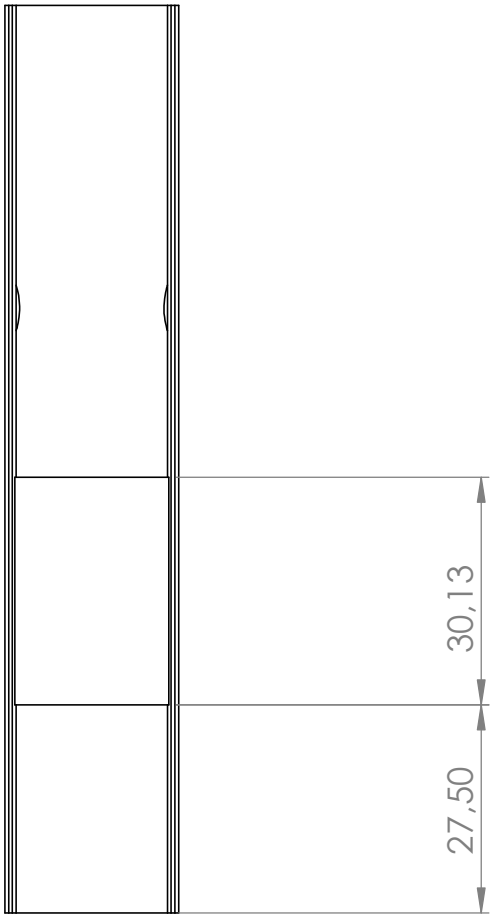
03. ASA ABAJO

04. ASA MEDIO

05. ASA ARRIBA





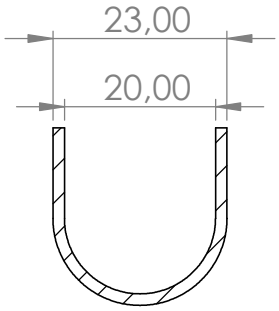


TÍTULO: JUNTA ABAJO

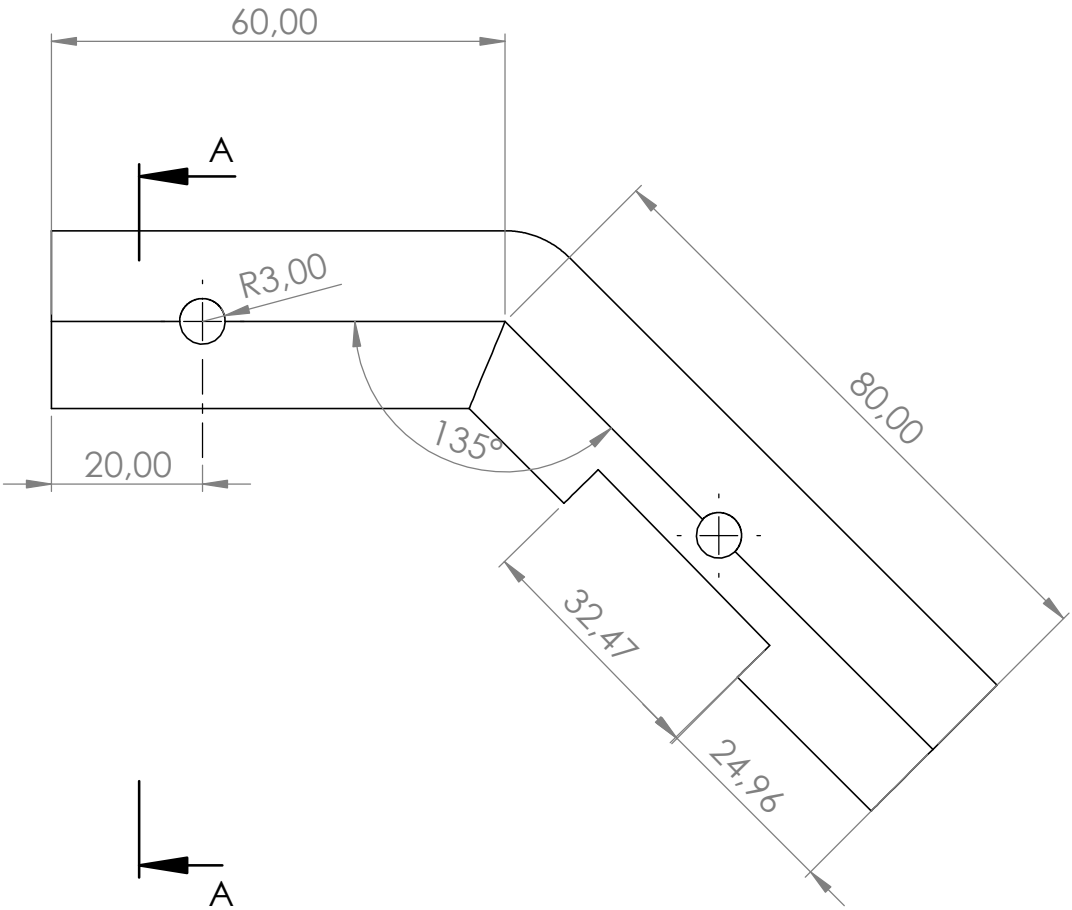
Nº DE PLANO: 1

upna
Universidad Pública de Navarra
Nafarroako Unibertsitate Publikoa

Producto SOLIDWORKS Educational. Solo para uso en la enseñanza.



SECCIÓN A-A
ESCALA 1 : 1

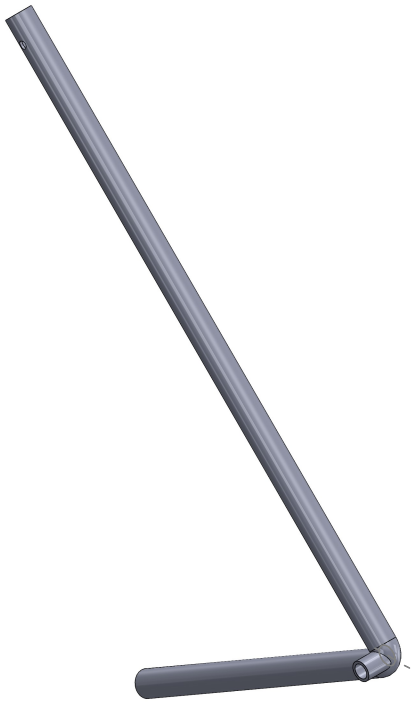


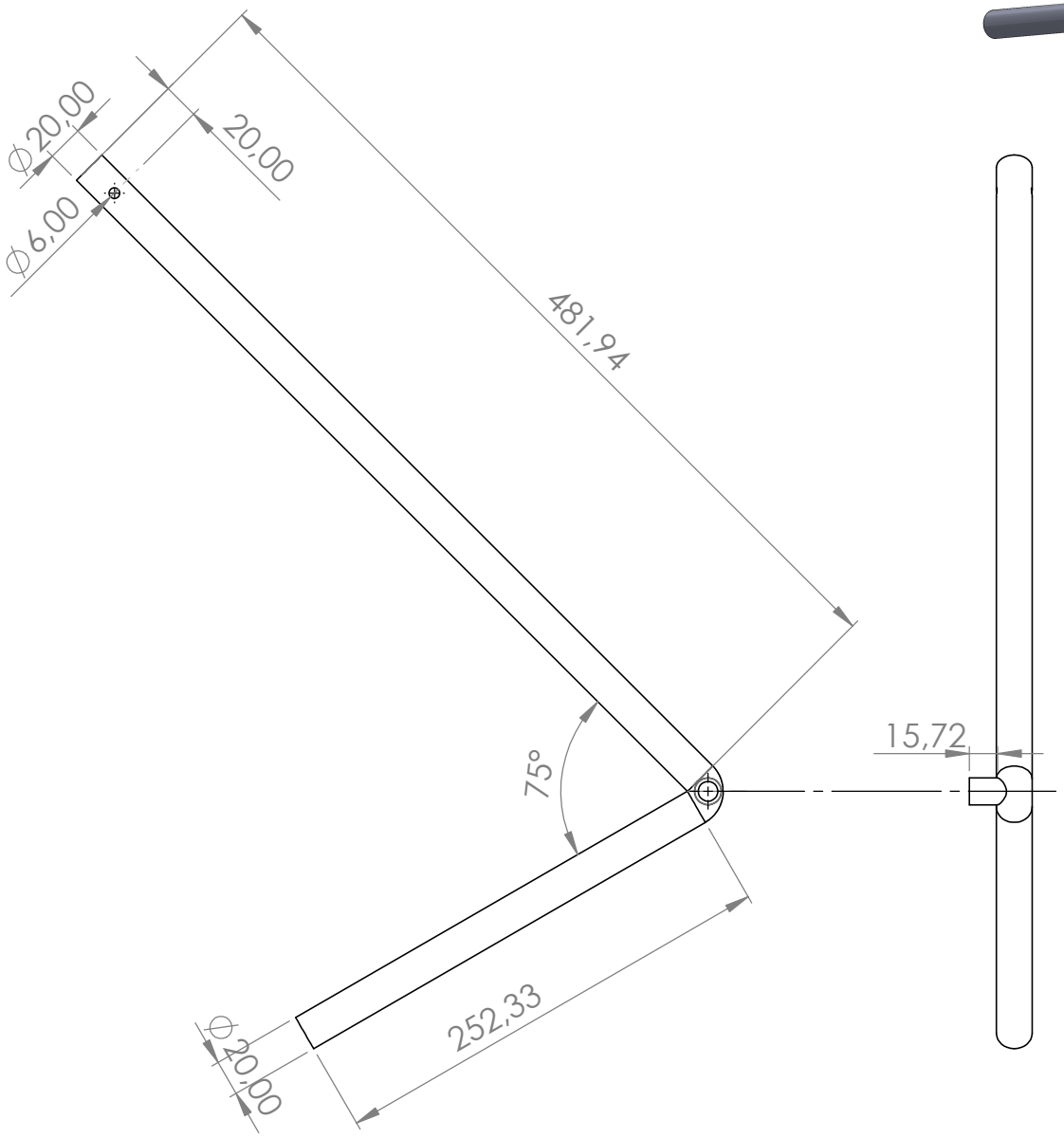
TÍTULO: JUNTA ARRIBA

Nº DE PLANO: 2

upna
Universidad Pública de Navarra
Nafarroako Unibertsitate Publikoa

Producto SOLIDWORKS Educational. Solo para uso en la enseñanza.



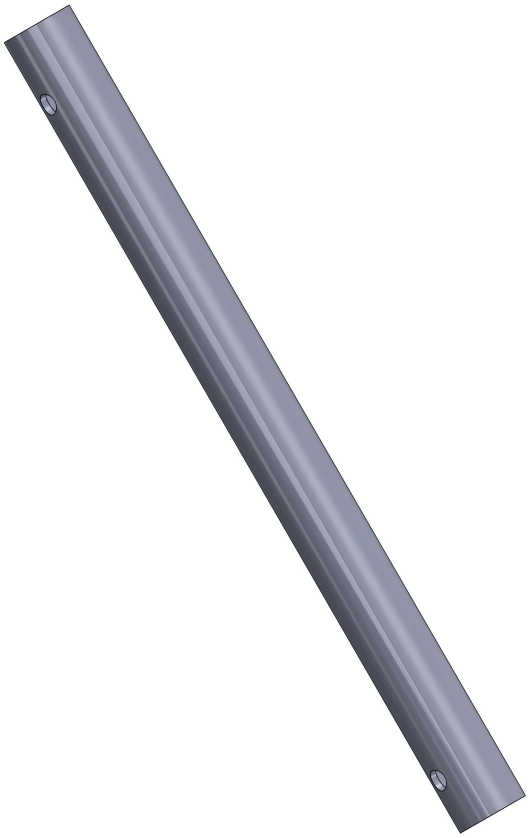


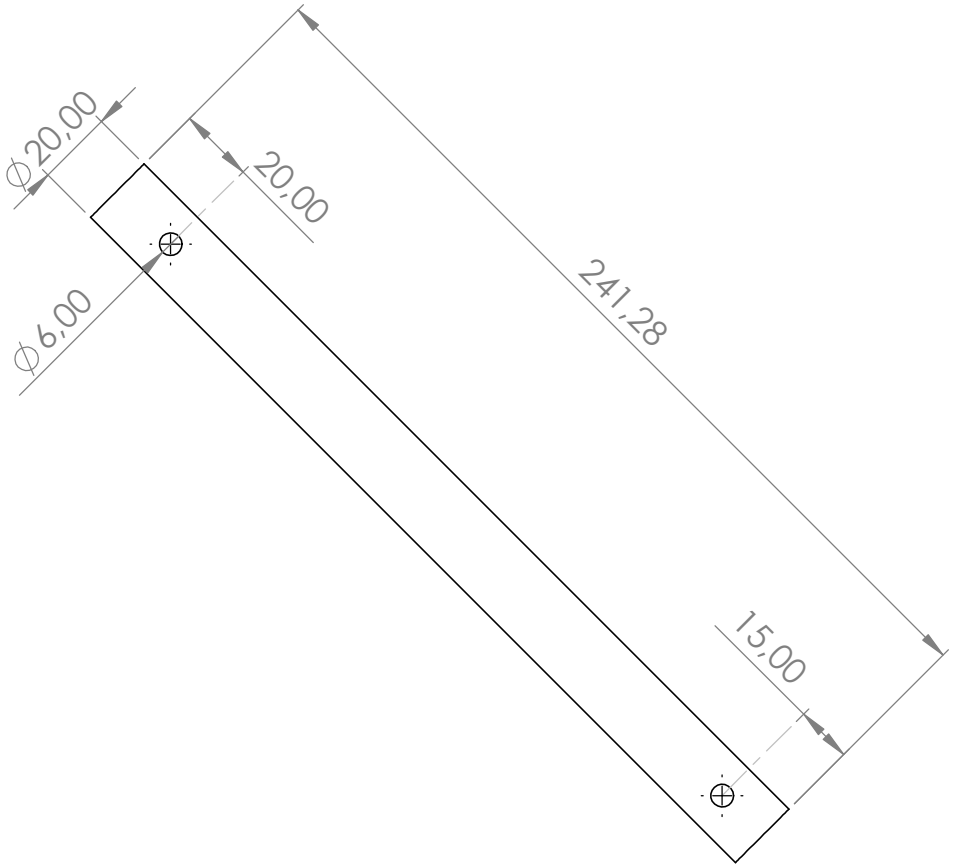
TÍTULO: ASA ABAJO

Nº DE PLANO: 3

upna
Universidad Pública de Navarra
Nafarroako Unibertsitate Publikoa

Producto SOLIDWORKS Educational. Solo para uso en la enseñanza.



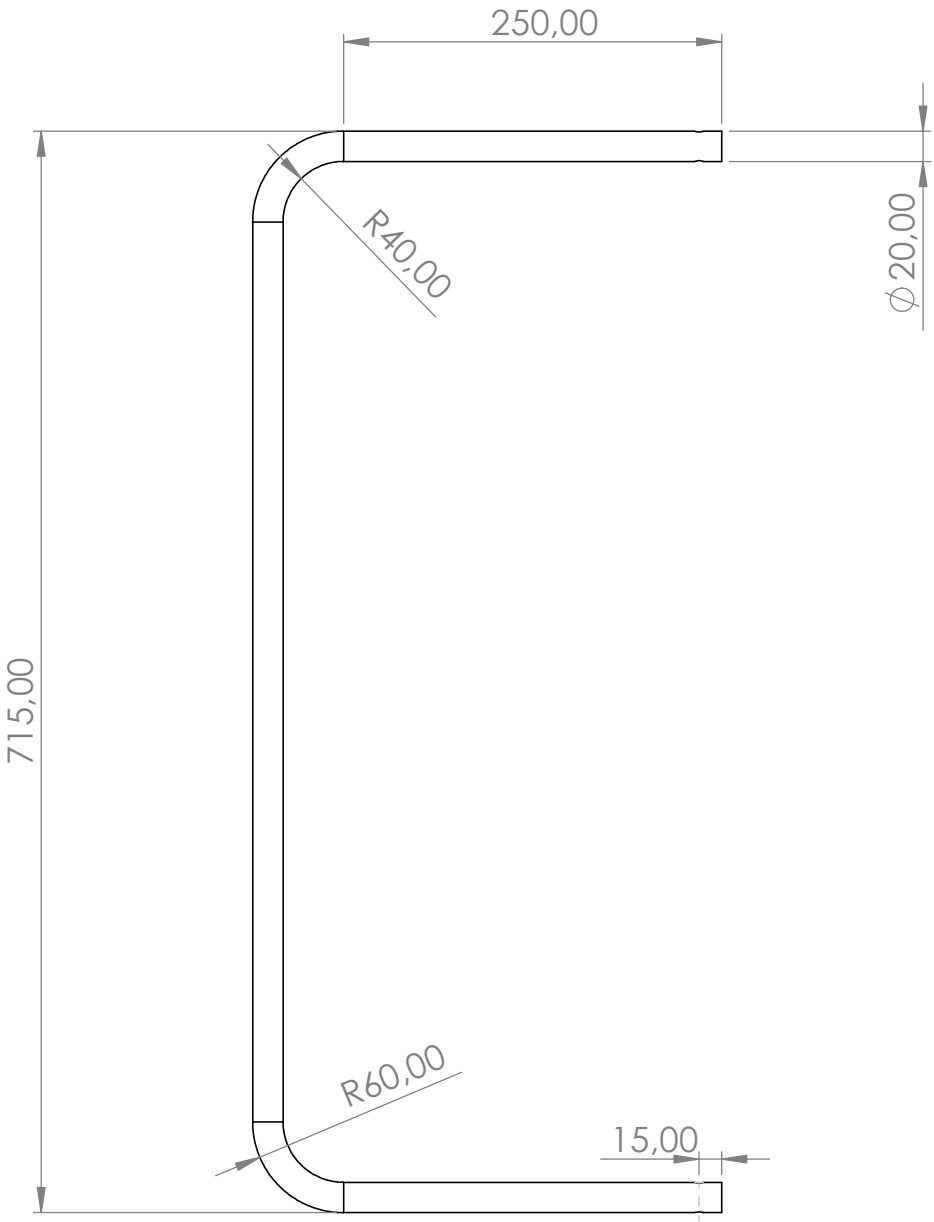


TÍTULO: ASA MEDIO

Nº DE PLANO: 4

upna
Universidad Pública de Navarra
Nafarroako Unibertsitate Publikoa

Producto SOLIDWORKS Educational. Solo para uso en la enseñanza.



TÍTULO: ASA ARRIBA

Nº DE PLANO: 5

upna
Universidad Pública de Navarra
Nafarroako Unibertsitate Publikoa

Producto SOLIDWORKS Educational. Solo para uso en la enseñanza.