

Anejo Nº5: LOGÍSTICA Y TRANSPORTE

**Diseño de módulo prefabricado de uso múltiple para
casos de emergencia**

Autor

Serrano Richart, Luis

Tutor

Moragues Terrades, Juan José

JUNIO DE 2019

GRADO EN INGENIERIA CIVIL
CURSO 2018/2019

ESCUELA TECNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS







ÍNDICE

Contenido

1. Objeto.....	7
2. Definición del caso práctico	7
2.1 Origen y destino de los módulos.....	7
2.2 Tipología de contenedores y cubicaje.....	7
2.3 Transporte por carretera	13
2.4 Documentación y trámites.....	13
2.5 Transporte marítimo	14
2.6 Cronograma.....	15
2.7 Presupuesto del transporte.....	16





ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

• Ilustración 1: Dimensiones contenedor 40 pies.	8
• Ilustración 2: Dimensiones contenedor 40 pies estándar High Cube.....	8
• Ilustración 3: Simulación cubicaje 1 módulo.....	9
• Ilustración 4: Simulación cubicaje 6 módulos.....	10
• Ilustración 5: Simulación cubicaje 5 módulos.....	10
• Ilustración 6: Simulación diseño 2.....	11
• Ilustración 7: Simulación diseño 3.....	12
• Ilustración 8: Trayecto fábrica-Puerto de Valencia.....	13
• Ilustración 9: Extracto de envío.....	14
• Ilustración 10: Ruta marítima.....	15





1. Objeto

En este anejo se describirán todos los aspectos referentes a la logística del transporte de los módulos, realizando para ello el caso práctico de un envío. Trataremos la tipología de contenedores usados, su cubillaje y en general todas las tareas relativas al transporte de los módulos hasta el destino.

2. Definición del caso práctico

2.1 Origen y destino de los módulos

La empresa suministradora de los componentes necesarios para la construcción de los módulos está ubicada en las afueras Alcalá de Henares (Madrid).

En este caso, los componentes serán transportados a una zona afectada por una catástrofe natural situada a unos 200 km del puerto de Salvador de Bahía (Brasil). Para ello se transportarán por vía terrestre hasta el puerto de Valencia, por ser este el más cercano en distancia al punto de carga y por tener las rutas más competitivas, tanto en precio como en tiempo de transito, comparadas con otras opciones como pueden ser el puerto de Barcelona o el de Algeciras, desde donde, por vía marítima, serán trasladados hasta el puerto de Salvador de Bahía, donde se procederá a su envío a la zona afectada por vía terrestre.

2.2 Tipología de contenedores y cubillaje

En primer lugar es necesario establecer qué tipología de contenedor es la más adecuada para el transporte de estos materiales. Los tipos de contenedores estándar para transporte marítimo se dividen en contenedores de 20 pies y de 40 pies.

Dentro de los contenedores de 40 pies existe una variante denominada 40 pies High Cube, la cual dispone de mayor altura, y por ello, mayor cubillaje. Por todo esto optamos por emplear los contenedores de tipo 40 pies High Cube.

Como se puede apreciar en las Ilustraciones 1 y 2, este tipo de contenedores dispone de un mayor volumen de carga que los contenedores de 40 pies estándar, algo que nos ayuda muchísimo a la hora de realizar el trincaje y transporte de nuestros perfiles y paneles.



Dimensión Interna				Apertura de la Puerta		
Medidas	Longitud	Ancho	Altura	Medidas	Ancho	Altura
Milímetros	12,032	2,352	2,395	Medidas	2,340	2,292
Pies	39' 5 5/8"	7' 8 5/8"	7' 10 1/4"	Pies	7' 8 1/8"	7' 6 1/4"

Peso			
Medida	Max Bruto	Tara	Capacidad Max
Kilogramos	32,500	3,750	28,750
Libras	71,650	8,267	63,383

Ilustración 1: Dimensiones contenedor 40 pies

Dimensión Interna				Apertura de la Puerta		
Medidas	Longitud	Ancho	Altura	Medidas	Ancho	Altura
Milímetros	12,032	2,350	2,700	Medidas	2,340	2,597
Pies	39' 5 5/8"	7' 8 1/2"	8' 10 1/4"	Pies	7' 8 1/8"	8' 6 1/4"

Peso			
Medida	Max Bruto	Tara	Capacidad Max
Kilogramos	32,500	3,900	28,600
Libras	71,650	8,598	63,052

Ilustración 2: Dimensiones contenedor 40 pies High Cube

Como limitantes a la hora de ubicar nuestro contenedor tenemos el volumen y el peso. Por un lado, nuestro contenedor dispone de un volumen de 76,3 metros cúbicos a plena carga, mientras que en cuanto a peso, disponemos de un peso máximo estructural del contenedor de 28600 kg, teniendo en cuenta que se debe respetar el peso máximo permitido para el transporte de mercancías por carretera, por lo que fijaremos en 23000kg el peso máximo de la mercancía.

Una vez definidas medidas y restricciones procederemos a determinar el volumen que genera un solo módulo desmontado y cuantos módulos podremos introducir en un solo contenedor para, de esta forma, calcular el número de contenedores que debemos enviar para realizar una estructura determinada. Determinados el número de módulos por volumen ya que nuestros perfiles son muy ligeros, por lo que alcanzaremos las restricciones por volumen antes que por peso.



Empleando el programa informático EasyCargo podemos realizar el cubicaje de nuestros contenedores, a continuación realizaremos la simulación para cada diseño, viendo cuantos contenedores son necesarios para movilizar una unidad de cada diseño.

Diseño 1:

Nuestro primer diseño se basa en un único módulo prefabricado contando con un total de:

- 12 perfiles en L de los cuales 4 serán de 4 metros de largo y 8 de 2,4 metros de largo.
- 1 panel de puerta de 2,4x2,4 metros
- 1 panel de ventana de 2,4x2,4 metros
- 2 paneles de cerramiento de 2,4x4 metros
- 1 panel de techo de 2,4x4 metros
- 1 panel de suelo de 2,4x4 metros

Todos estos elementos nos general un aprovechamiento total del contenedor de 40 pies estándar High Cube del 16,1%, tal y como se puede ver en la Ilustración 3 extraída de la simulación de cubicaje.

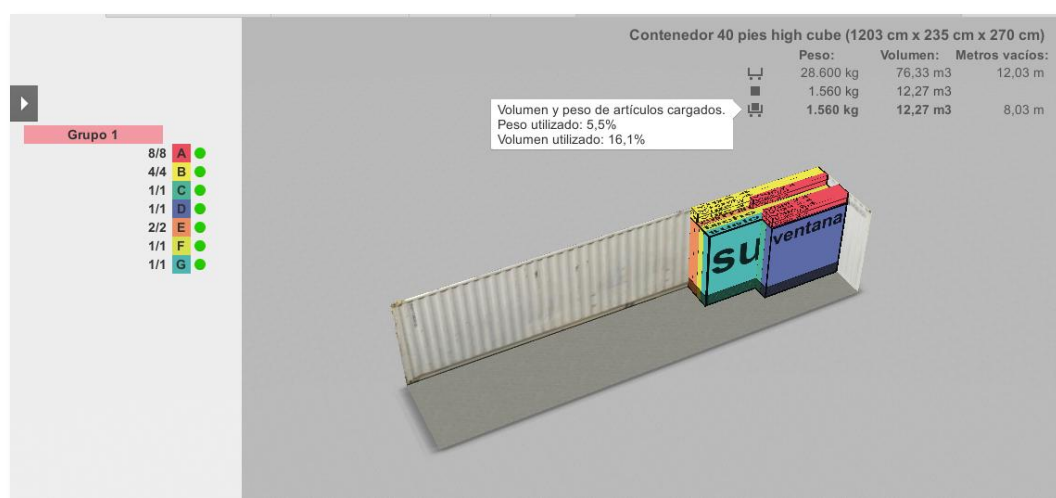


Ilustración 3: Simulación de cubicaje 1 módulo

Tal y como se ve en la simulación en la Ilustración 4, no podremos transportar 6 módulos individuales en un mismo contenedor ya que los paneles de ventana se quedarían fuera por volumen, por lo que como máximo podríamos transportar 5 módulos por contenedor, con un aprovechamiento del volumen del 76,4% (Ilustración 5).

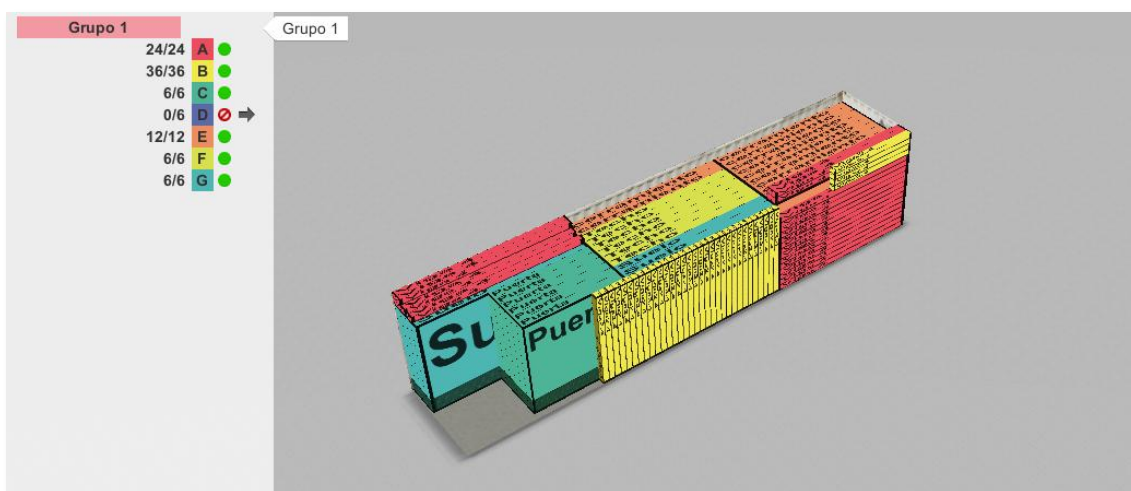


Ilustración 4: Simulación 6 módulos

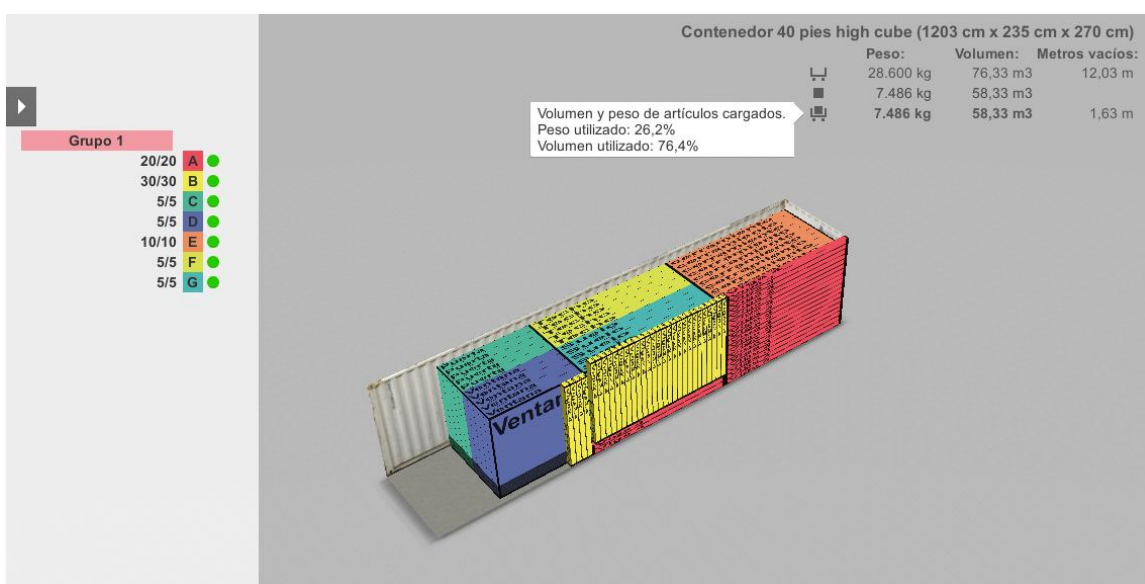


Ilustración 5: Simulación 5 módulos

Por lo tanto podremos transportar hasta un máximo de 5 módulos por contenedor, quedando el volumen restante de dicho contenedor para tareas de trincaje de los elementos y transporte de elementos auxiliares como tornillos, tuercas, etc.

Diseño 2:

Nuestro segundo diseño formado por 9 módulos necesitará para su construcción un total de:

- 28 perfiles en L, de los cuales 16 serán de 2,4 metros de longitud y 12 de 4 metros.
- 32 perfiles en T, de los cuales 20 serán de 2,4 metros de longitud y 12 de 4 metros.
- 4 perfiles en aspa de 2,4 metros de longitud.
- 5 paneles de ventana, de los cuales 3 serán de 2,4x2,4 metros y 2 serán de 2,4x4 metros.
- 1 panel de puerta de 2,4x2,4 metros.

- 6 paneles de cerramiento, de los cuales 2 serán de 2,4x2,4 metros y 4 serán de 2,4x4 metros.
- 9 paneles de techo de 2,4x4 metros.
- 9 paneles de suelo de 2,4x4 metros.

Como se puede apreciar en la Ilustración 6 dentro de un contenedor podremos transportar todo el diseño 2, aprovechando el 85,7% del volumen de carga, empleando el volumen restante para tareas de trincaje y transporte de elementos auxiliares.

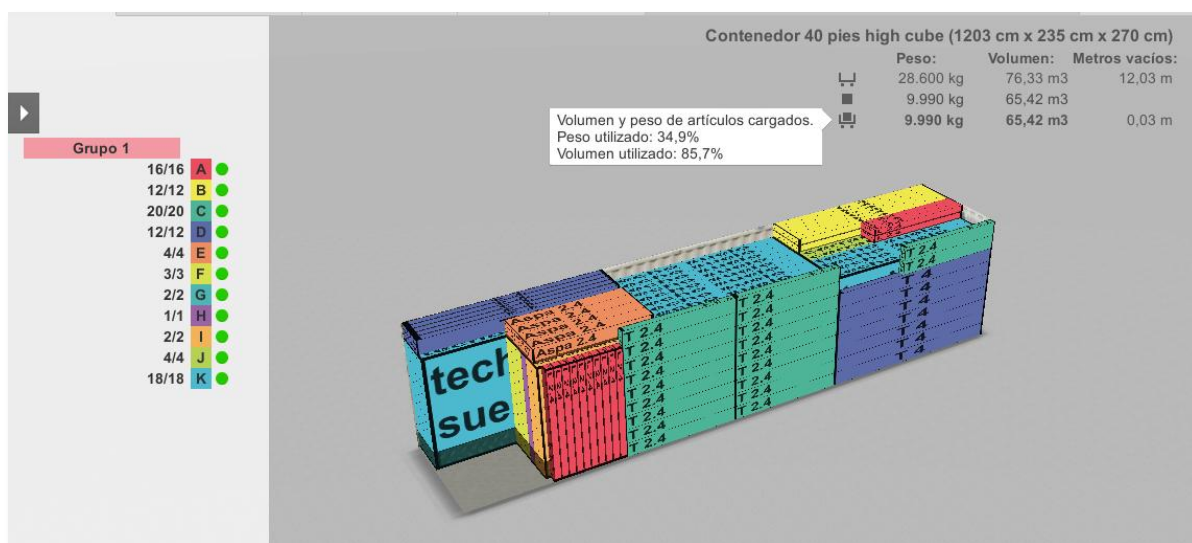


Ilustración 6: Simulación diseño 2

Diseño3:

El diseño 3 estará formado por las siguientes partes:

- 35 perfiles en L, de los cuales 23 serán de 2,4 metros de longitud y 12 de 4 metros.
- 42 perfiles en T, de los cuales 26 serán de 2,4 metros de longitud y 16 de 4 metros.
- 16 perfiles en aspa de los cuales 12 serán de 2,4 metros de longitud y 4 de 4 metros.
- 10 paneles de ventana, de los cuales 6 serán de 2,4x2,4 metros y 4 serán de 2,4x4 metros.
- 2 panel de puerta de 2,4x2,4 metros.
- 10 paneles de cerramiento, de los cuales 4 serán de 2,4x2,4 metros y 6 serán de 2,4x4 metros.
- 6 paneles de techo de 2,4x4 metros.
- 9 paneles de suelo de 2,4x4 metros.
- 6 paneles de suelo intermedio de 2,4x4 metros.
- 3 paneles de suelo de terraza de 2,4x4 metros

Como podemos apreciar en la Ilustración 6, nuestro diseño 3 desmontado sobrepasa el volumen de un solo contenedor.

Necesitaríamos un contenedor con un volumen ocupado del 97,4%, por lo que para facilitar el trincaje de los elementos optaríamos por limitar el volumen a un 90%. Es por esto que para transportar una vivienda del diseño 3 completa necesitaríamos un contenedor con un 90% de capacidad y un segundo contenedor con un volumen ocupado del 44.24%.

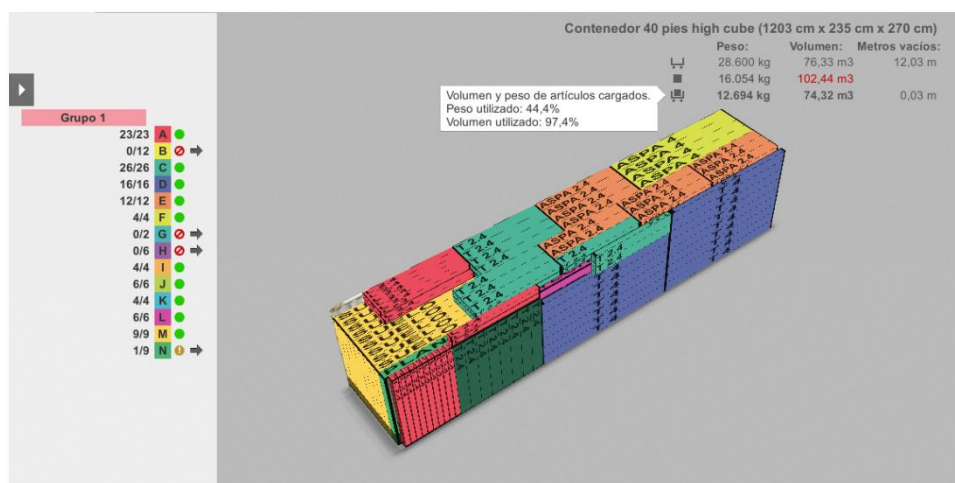


Ilustración 7: Simulación diseño 3

En definitiva, con 4 contenedores completos seríamos capaces de transportar 2 viviendas del diseño 3, dejando en cada contenedor un mínimo del 10% del volumen para el trincaje y transporte de elementos auxiliares.

Una vez calculados cuantos contenedores hacen falta para transportar una unidad de cada diseño podemos hacer un supuesto de envío de módulos al puerto de Salvador de Bahía.

Partiendo del supuesto de que una persona necesita entre 8 y 10 metros cuadrados para vivir, podemos considerar que nuestros diseños tendrán capacidad para:

- Diseño 1: entre 1 y 2 personas.
- Diseño 2: entre 8 y 10 personas.
- Diseño 3: entre 15 y 20 personas.

En nuestro caso supondremos el envío de 2 viviendas del Diseño 3 a modo de ejemplo ilustrativo de los procesos que se llevan a cabo para el envío de los contenedores.

Ya que queremos enviar 2 viviendas completas, tal y como hemos calculado anteriormente necesitaremos 4 contenedores para su transporte.

Cabe destacar que la capacidad de cada vivienda ha sido calculada de acuerdo a unos mínimos de calidad de vida, pudiendo masificarse las viviendas en caso de extrema necesidad. Por lo que una vivienda de casi 90 metros cuadrados completamente diáfana puede albergar más de 10 personas, dependiendo el tipo de uso que quiera darse a cada estructura.

2.3 Transporte por carretera

Como se puede ver en la Ilustración 7, entre el punto de carga y el puerto de origen hay una distancia aproximada de 360 km.

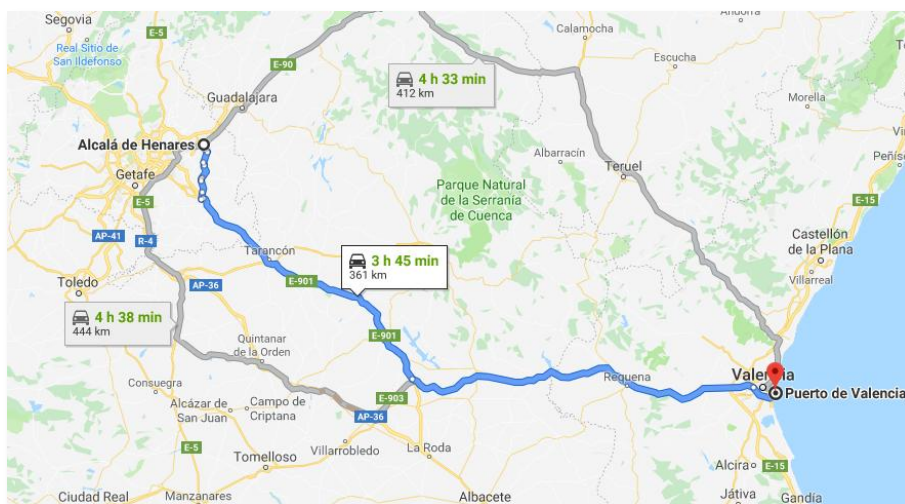


Ilustración 8: Trayecto fábrica-Puerto de Valencia

Desde que se retiran los contenedores vacíos en la zona del puerto hasta que regresan cargados transcurre aproximadamente una jornada, que incluye el tiempo de desplazamiento en vacío hasta el punto de carga, el proceso de carga y el tiempo de desplazamiento hasta la terminal portuaria.

Algo similar ocurre con el transporte en destino, donde los contenedores podrán retirarse de la terminal una vez despachado de aduanas, para, posteriormente, trasladarlos directamente a la ubicación si las condiciones lo permiten o, en caso de no disponer de vías aptas para el transporte de camiones pesados, se llevarán a un almacén especializado donde se desconsolidarán los contenedores para su posterior transporte en camiones más pequeños.

Por lo tanto, se fijará 1 día como tiempo de tránsito entre fábrica-puerto de origen y entre puerto de destino-ubicación final.

2.4 Documentación y trámites

Para llevar a cabo todos los tramites relativos al transporte internacional de la mercancía, es necesario contar con los servicios de una empresa especializada en comercio exterior, también llamada transitaria. Estas empresas subcontratan los servicios de transporte (terrestre y marítimo) y se encarga de los tramites relativos al despacho de aduanas, así como de la documentación necesaria para la expedición de la mercancía.



En todo caso habrá que proporcionar una lista de empaque o "packing list" donde se identifiquen todos los bultos cargados en el contenedor y sus pesos correspondientes, de manera que esta información pueda ser transmitida a la aduana de origen y destino, junto a una "lista de valor" donde se refleje el importe de las mercancías transportadas.

Esta documentación será transmitida a la aduana de origen para su comprobación.

Una vez que todo esté correcto, se le asignará "canal verde" permitiendo que abandone el territorio aduanero. Cabe mencionar que para la exportación la carga está exenta de arancel e IVA, no ocurriendo lo mismo para la importación en Brasil, donde dependiendo de la partida arancelaria de la mercancía estará gravada con un arancel determinado y el IVA correspondiente.

A modo informativo, comentar que existen diferentes regímenes especiales a los que se puede acoger la mercancía con el fin de evitar el pago de arancel e IVA en la importación, si procede y la autoridad competente lo acepta.

Por otro lado, la transitara elaborará el llamado "Conocimiento de embarque", documento en el cual se transfiere la propiedad de los bienes transportados entre las partes involucradas y en el cual se muestra información relativa a la mercancía, como son el total de bultos, kg transportados, el volumen, descripción de la mercancía, etc.

2.5 Transporte marítimo

El servicio seleccionado en el puerto de Valencia hasta el puerto de Salvador de Bahía tiene un tiempo de tránsito estimado de 12 días, como se puede observar en la Ilustración 8.

Itinerario: De Valencia ESVLC Hacia Salvador BRSSA				
De		Días Transbordos	Hacia	Nave / IMO Viaje / Modo de transporte
Valencia ESVLC			Salvador BRSSA	MAERSK LABREA / 9527063
Salida:	06-jun 20:00	12 Días	Llegada:	17-jun 16:00
Cierre de carga:	04-jun 20:00	14 Días	Carga disponible:	18-jun 07:00
		0 TS		922S / LINER
Valencia ESVLC			Tanger Med MAPTM	
Salida:	06-jun 20:00		Llegada:	07-jun 23:00
Tanger Med MAPTM			Salvador BRSSA	
Salida:	09-jun 00:01		Llegada:	17-jun 16:00

Ilustración 9: Extracto de envío

La frecuencia de salidas es semanal, teniéndose en cuenta que todos los trámites documentales y de aduanas deben quedar resueltos antes del cierre documental establecido por la línea marítima, que suele estar fijado 48 horas antes de la llegada del buque al puerto de origen, por lo que tendrá que ajustarse la fecha de carga a dichas restricciones.

Este servicio en particular tiene fijadas las salidas del puerto de Valencia todos los jueves, por lo que el cierre documental estará establecido los martes. Esto conlleva que el último día de carga en fábrica será el lunes de cada semana, para poder llegar a tiempo a los cierres comentados anteriormente.

En la Ilustración 9 se puede visualizar la ruta marítima realizada por el buque en cuestión.

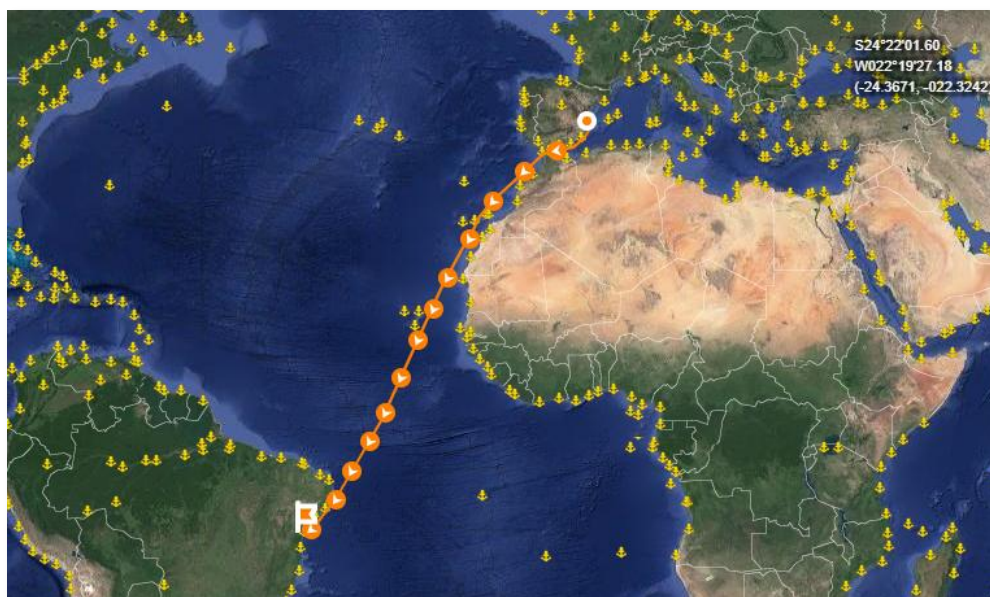


Ilustración 10: Ruta marítima

2.6 Cronograma

Para evaluar el tiempo de envío de los 4 módulos desde la fábrica hasta el lugar de destino suponemos que una catástrofe climática se produce en una zona a 200 km de Salvador de Bahía, dándose la orden de preparar el envío una vez tomadas las decisiones políticas pertinentes. Este evento aparece como "Orden" en el cronograma, sirviendo de punto de partida para nuestro proceso.

Puesto la salida de los buques del servicio seleccionado con destino a Salvador de Bahía están programadas los jueves, todos los elementos necesarios para la construcción de los módulos deberán estar listos para su carga en los contenedores el lunes de la misma semana, para ello hemos supuesto 2 días de tareas de preparación. A la vez se llevará a cabo la formalización de la documentación necesaria para su transporte.

Las tareas de carga y transporte hasta el puerto de Valencia durarán 1 día, mientras tanto se finalizarán las tareas documentales pertinentes.

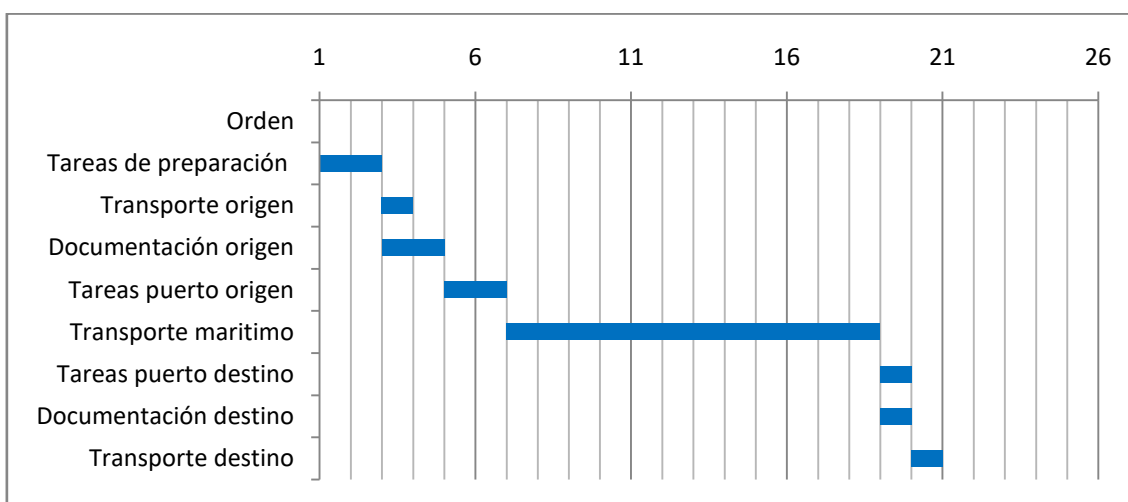
El martes llegarán los contenedores a la terminal portuaria, comenzando las tareas en puerto para la carga en buque de los contenedores, esperando hasta el jueves para zarpar.



Tras 12 días de travesía, el buque atracará en el puerto de Salvador de Bahía, donde tras el proceso de despacho de aduanas, que puede durar entre 1 y 5 días (en nuestro caso suponemos 1 día), se descarga la mercancía en puerto para su transporte a la zona de destino, una vez despachado en aduanas.

Desde que los contenedores salen de fábrica hasta que llegan a la zona de construcción pasan un total de 18 días, 21 si contamos los dos días previos de preparación de los módulos. Este plazo de tiempo resulta más que aceptable, teniendo en cuenta el tipo de transporte utilizado y la cantidad de módulos que pueden transportarse a la vez.

A continuación se muestra un cronograma de las tareas realizadas y su tiempo acumulado.



2.7 Presupuesto del transporte

Consultadas diversas entidades portuarias hemos obtenido unos precios aproximados de las tareas necesarias para el transporte de los módulos. Considerando que las dos viviendas de dos pisos movilizadas llenarán 4 contenedores en total, nuestro coste unitario y total del envío será:

Actividad	Unidad	Coste €	Coste total
Transporte camión Madrid-Valencia port	4	550	2200
Forfait de gastos FOB	4	380	1520
Flete	4	700	2800
Gastos de destino + entrega	4	600	2400
Coste total de todos los contenedores		2230	8920

A continuación definimos cada actividad para su mejor comprensión:



- Transporte camión Madrid-Puerto Valencia: Hace referencia a los costes derivados de transportar 1 contenedor de 40 pies por vía terrestre desde Madrid hasta la terminal portuaria del puerto de Valencia.
- Forfait de Gastos Origen: Hace referencia a las manipulaciones portuarias, despacho aduanas en origen, documentación, pesaje y tasa de la mercancía.
- Flete: Coste del transporte del puerto de Valencia al puerto de Salvador de Bahía.
- Gastos de destino + entrega: Hace referencia a los gastos derivados de la manipulación del contenedor en destino y su transporte a la ubicación determinada.

Como se ha podido observar en la tabla anterior, cada contenedor nos cuesta un total de 2230 euros enviarlo a la zona objetivo, mientras que la totalidad de los contenedores nos costarán 8920 euros, desde la fábrica hasta la ubicación final.