

# Procedimiento experimental

## 1. Materiales.

### 1.1 Introducción

El objetivo de este capítulo es exponer los materiales utilizados, para fabricar las uniones, objeto del estudio. Toda unión esta formada por los sustratos o adherentes y el elemento de unión, en este caso, el adhesivo. El estado de esfuerzos en el adhesivo, depende no solo del tipo de cargas aplicado globalmente sobre la unión, sino también del de adherente y del diseño de la geometría de la junta. Vemos así, que en el proceso de unir materiales, son muchos los factores a tener en cuenta, tanto a la hora de realizar la unión, como en su diseño.

Los adhesivos que han sido empleados en este proyecto son adhesivos bicomponentes diferenciándose por su componente base principal, siendo de *Epoxi o de Metacrilato*. Estos adhesivos, actúan junto con un endurecedor que limitará el tiempo de vida útil de la mezcla, en alguno de los adhesivos estudiados el endurecedor puede ser lento o rápido, usándose uno u otro, según sean las dimensiones de la unión o la temperatura ambiente del entorno de trabajo. Además, los adhesivos incorporan en su formulación cargas, promotores de la adherencia, elementos humectantes, tixotropantes, etc, que todos juntos definen las propiedades finales del material adhesivo. La temperatura acelera el proceso de curado del adhesivo, en unos casos, y en ciertas ocasiones hay adhesivos que a ciertas temperaturas, el efecto es el inverso alargando el tiempo de curado por imprimir demasiada energía a las moléculas y dificultar los enlaces.

El factor tiempo es esencial a la hora de seleccionar un adhesivo, pues no es solo cuestión de aprovechar las propiedades mecánicas del adhesivo ante distintas sollicitaciones puesto que para conseguirlas juega, un papel muy importante el tiempo. Ya que si se superan los límites de trabajo del adhesivo, la fuerza de unión entre adhesivo y sustrato (adhesión) puede resultar insuficiente ó verse alterada. Por ello según el área a pegar, la disposición de maquinaria y mano de obra, se decide el adhesivo a emplear.

Los materiales usados para los sustratos o adherentes, son los que se usan en el astillero en la construcción de embarcaciones, elementos estructurales y propulsivos.

Los plásticos reforzados con fibras, tal como su nombre indica, son materiales compuestos de fibras de vidrio, carbono, kevlar, metal boro ó silicatos de aluminio, resina sintética plástica y aditivos. Mediante una selección apropiada de combinación de refuerzos de fibras, resinas y técnicas de procesado, se puede diseñar un producto o componente que cumpla con las más exigentes especificaciones.

Estos materiales compuestos, tienen como beneficios típicos: alta resistencia, bajo peso, dimensionalmente estables, resistentes a la corrosión, excelente resistencia eléctrica y flexibilidad de diseño.

## **1.2 Adhesivos de ensayo.**

Los adhesivos de ensayo, son adhesivos reactivos bicomponentes; estos adhesivos incorporan en su formulación el monómero, oligómero o prepolímero, que polimerizará para generar el polímero curado final, la reacción de polimerización puede ser por poliadición o policondensación.

Los adhesivos reactivos de poliadición son los metacrilatos, la polimerización ocurre por poliadición o reacción en cadena, donde el monómero inicial se repite formando enlaces sucesivos repitiéndose el proceso una y otra vez, hasta que se ve impedida por otra cadena en crecimiento o por descomposición espontánea del núcleo activo. En los adhesivos de poliadición se pueden lograr polímeros de alto peso molecular. Además, es posible formar ramificaciones como reticulaciones entre las cadenas principales, generando duroplásticos.

Los adhesivos de policondensación son los Epoxis, en estos la polimerización por policondensación o por etapas, se basa normalmente en dos monómeros que son capaces de reaccionar mutuamente en presencia de un endurecedor, este proceso se repite en toda la mezcla hasta que todos los monómeros se convierten en especies de bajo peso molecular llamadas dímeros, trímeros, tetrámeros, etc. Estas moléculas llamadas oligómeros, pueden reaccionar mutuamente a través de sus grupos funcionales. De esta forma se generan cadenas de peso molecular moderado. No se llegan a los elevados pesos moleculares de la poliadición o reacción en cadena, esto se puede deducir ya que conforme crece el peso molecular decrece la cantidad de grupos funcionales libres. De este mecanismo de reacción se deduce, que las cadenas de polímeros se forman muy lentamente, requiriendo de horas ó días según el endurecedor que se use. Además, se producen reacciones químicas que requieren energías de activación elevadas, por lo que la mezcla generalmente debe ser calentada para favorecer la polimerización y asegurar el curado.

Hemos visto que existen características químicas que diferencian los mecanismos de curado de los distintos tipos de adhesivos. En los adhesivos que polimerizan por poliadición son reacciones en cadena y tienen cortos tiempos de curado, sin embargo, en la policondensación son reacciones lentas que producen un incremento paulatino y continuo de la viscosidad del adhesivo.

En el caso de los adhesivos acrílicos la reposición de adhesivo es posible antes de que se llegue a consumir el 80% del tiempo de fijación. Una vez que el adhesivo tiene una

viscosidad aparente, la resistencia a la manipulación se alcanza en muy poco tiempo, después del cual no se recomienda la reposición. En el caso de los epoxi, el adhesivo va espesando hasta que llegado a un cierto punto no se recomienda la reposición, incluso antes de alcanzar el tiempo de manipulación.

Los polímeros tienen propiedades físicas diferenciadas según el peso molecular de sus moléculas para una misma estructura molecular. Esto es así porque, las fuerzas de atracción molecular aumentan con su tamaño, es decir, con su longitud. En concreto la resistencia a la tracción y el índice de refracción varían en función del peso molecular. Existiendo un peso molecular crítico por debajo del cual las propiedades del polímero varían bruscamente y su comportamiento es bien distinto.

Un factor que tiene efecto directo sobre el grado de polimerización es la velocidad de polimerización. En los adhesivos con reacciones de poliadición, metacrilatos, viene determinada por la etapa de inicialización. En esta etapa se inician numerosos puntos de crecimiento para las cadenas poliméricas, incrementándose la velocidad de polimerización, pero disminuyendo el grado de polimerización. Esto tiene consecuencia directa sobre las propiedades mecánicas, por lo que se observa, que dan uniones más resistentes los adhesivos de baja velocidad de curado, aunque esto solo es comparable en adhesivos del mismo tipo.

A continuación vamos a ver las características de las fichas técnicas que nos proporcionan los fabricantes de los adhesivos y que dan las temperaturas y tiempos de curado, recomendados por los mismos.

<b>Tipo de adhesivo</b>	<b>Designación</b>	<b>Marca</b>
Adhesivos de Metacrilato	XD 4662 A/B	VANTICO
	XD 4665 A/B	VANTICO
Adhesivos de Epoxi	Spabond 345	SP
	AV 4076 / HV 5309-1	VANTICO
	RESTERPOX ADH11	RESTER

### 1.3 Características principales de los adhesivos de ensayo.

#### 1.3.1 Adhesivos de metacrilato.

##### **XD 4662 A/B VANTICO.**

Sistema bicomponente de adhesivo de metacrilato y endurecedor denominado ARALDITE 2022

##### **Propiedades.**

- Excelentes uniones en un amplio rango de materiales plásticos, composites y metales.
- Buena adhesión con mínimas preparaciones superficiales.
- Curado rápido.
- Adhesivo para unión entre superficies separadas 4mm.

##### **Descripción.**

Araldite 2022, adhesivo bicomponente de curado a temperatura ambiente, para operaciones de ensamblado rápido en un amplio rango de sustratos incluyendo aquellos que tienen dificultades de adhesión.

##### **Datos del producto.**

	2022 /A	2022 /B	2022 mezcla
Color	Blanco mate	Amarillo	Beige
Viscosidad (Pas)	ca 70	ca 45	ca 60
Pot life(tiempo de empleo útil)	_____	_____	10 minutos
Temperatura de inflamabilidad (°C)	10	10	_____

Proporción de mezcla	Partes en peso	Partes en volumen
Araldite 2022/A	100	100
Araldite 2022/B	94	100

##### **Tiempos mínimos necesarios para resistencia a esfuerzos cortantes.**

Temperatura	°C	10	15	23	40	60	100
	Horas	-	-	-	-	-	-
LSS>1N/mm <sup>2</sup>	Minutos	60	25	18	15	9	1
	Horas	-	-	-	-	-	-
LSS>10N/mm <sup>2</sup>	Minutos	90	45	30	20	12	2

LSS= Lap Shear Strenght- Resistencia a esfuerzos cortantes.

Nota: El adhesivo sufre un 12 %, de contracción de volumen durante el curado.

**XD 4665 A /B. VANTICO.**

Sistema bicomponente de adhesivo de metacrilato y endurecedor.

**Propiedades.**

- Excelente resistencia a UV.
- Color estable.
- Flexible.
- Buena resistencia al agua y al medio ambiente.
- Buena resistencia a cortadura y a pelado en una amplia variedad de substratos.

**Descripción.**

XD 4665 A/B es un sistema adhesivo de metacrilato bicomponente, de curado a temperatura ambiente, para unión de plásticos reforzados con fibras.

**Datos del producto.**

	4665/A	4665 /B	4665mezcla
Color	Blanco mate	Blanco	Blanco
Viscosidad (Pas)	ca 140 Pas	ca 70 Pas	ca 120 Pas
Pot life(tiempo de empleo útil) 100gr a 25°C	_____	_____	15-25 minutos
Temperatura de inflamabilidad (°C)	10	>100	_____

Proporción de mezcla	Partes en peso	Partes en volumen
Araldite 4665/A	100	100
Araldite 4665/B	18.5	10

Resina y endurecedor están disponibles en cartuchos con mezcladores que permiten al adhesivo listo para usar mediante las herramientas recomendadas por Vantico. Tiempos mínimos necesarios para resistencia a esfuerzos cortantes.

Temperatura	°C	10	15	23	40	60	100
	Horas	-	-	-	-	-	-
LSS>1N/mm <sup>2</sup>	Minutos	55	35	25	10	5	4
	Horas	2	1	-	-	-	-
LSS>10N/mm <sup>2</sup>	Minutos	-	-	70	50	10	8

LSS= Lap Shear Strength- Resistencia a esfuerzos cortantes.

Nota: El adhesivo sufre un 10 %, de contracción de volumen durante el curado.

### 1.3.2 Adhesivos epoxi.

#### SPABOND 345. SP.

##### Introducción.

Con su espesor, consistencia pastosa y alta tixotropía, Spabond 345 es ideal para uniones de grandes estructuras donde la superficie de los substratos tienen geometrías irregulares o cuando son requeridas grandes líneas de pegado vertical.

La formulación de Spabond 345 permite ser usada en dispensadores mezcladores sin peligro de que la temperatura y alta velocidad afecte a las propiedades reológicas del material.

Spabond 345, es particularmente apropiado para la formación rápida de cordones de unión, esto es usado para unir esqueletos de estructuras y mamparos o tabiques divisorios en estructuras. Tal es la dureza y resistencia de este producto, que dependiendo de las cargas, los cordones adhesivos no requieren la adición de otros tipos de refuerzos.

##### Instrucciones de uso.

El producto esta optimizado para ser usado a temperaturas comprendidas entre 15-25°C. A menores temperaturas los componentes espesan y pueden llegar a ser difíciles de trabajar.

Para asegurar una mezcla apropiada y facilidad de trabajo se puede precalentar la resina y endurecedor, así como las superficies a unir antes de su uso.

##### Mezclado manual.

Los componentes de Spabond 345 son suministrados pigmentados en los siguientes colores:

Resina \_\_\_\_\_ Amarillo.  
Endurecedor lento \_\_\_\_\_ Rojo.  
Endurecedor Extra lento \_\_\_\_\_ Azul.

La resina Spabond 345, debe ser combinada con cualquiera de los endurecedores Spabond 345 lento (rojo) o extra lento (azul), en la proporción que se indica:

Proporción de mezcla	Partes en peso	Partes en volumen
Spabond 345 Resina	100	100
Spabond 345 Endurecedor	48	50

La mezcla debe ser preparada, prestando particular atención a las paredes y fondo del recipiente de mezcla, para asegurar que no queden vetas remanentes. Una vez totalmente mezclado el adhesivo debería tener un color uniforme, dependiendo del endurecedor usado. Trabajar rápidamente para asegurar la máxima vida de trabajo de la resina.

**AV 4076-1 / HV 5309-1. VANTICO.**

Adhesivo de Epoxi bicomponente.

**Propiedades.**

- Adhesivo tixotrópico, es decir, presenta una fluidez aceptable una vez aplicado sobre el substrato.
- Adhesivo que endurecido, forma uniones elásticas (resilientes).
- Apropiado para unir metales y composites.
- Alta resistencia a cortadura y pelado.

**Descripción.**

Araldite AV 4076-1 junto con el endurecedor 5309-1 es un adhesivo bicomponente de curado a temperatura ambiente, formando una unión elástica. Es tixotrópico y no se descuelga hasta espesores de 10mm. Es particularmente apropiado para SMC y GRP uniones de materiales compuestos y plásticos reforzados con fibra de vidrio.

**Datos del producto.**

	AV 4076-1	HV 5309-1	Adhesivo mezclado
Color			
Viscosidad (Pas)	Tixotrópico	tixotrópico	tixotrópico
Pot life 100gr a 25°C			ca 60 minutos

Proporción de mezcla	Partes en peso	Partes en volumen
Araldite AV 4076-1	100	100
Endurecedor HV5309-1	116	100

La resina y endurecedor deben ser mezclados hasta conseguir una mezcla homogénea.

## RESTERPOX ADH11.

Resina en base epoxi para el pegado de grandes superficies.

### Propiedades.

RESTERPOX ADH11 es una resina base epoxi, bicomponente, libre de disolventes y PVC para múltiples aplicaciones para el sellado, aislamiento y protección de piezas de distintos materiales que precisen una alta resistencia mecánica y térmica.

Es una resina de baja viscosidad que endurece en proporción (peso) 1:1 y da lugar a una masa de propiedades caracterizadas por:

- Alta resistencia al cizallamiento, incluso después del envejecimiento.
- Módulo de elasticidad alto para un epoxi.
- Media velocidad de curado.
- Excelente comportamiento frente a la degradación atmosférica.
- Elevada resistencia a la radiación UV.

### Campo de aplicación.

RESTERPOX ADH11 se utiliza para el aislamiento, protección, sellado y unión de grandes superficies. Es fácil de aplicar con espátula. Se puede acelerar el curado con temperatura.

Se emplea en todas aquellas aplicaciones industriales en que se requiera:

- Relativa elasticidad.
- Alta resistencia al envejecimiento.
- Elevada capacidad para aislar, proteger, sellar y unir.
- Buena resistencia inicial.

### Características técnicas.

Color mezcla	Olor	Aspecto	Densidad	Sólidos
Gris oscuro	Apenas perceptible	Producto líquido	1.55±0.05 gr/cm <sup>3</sup>	100%

Endurecimiento	Viscosidad de mezcla	Pot Life	Temperatura de aplicación	Temperatura de servicio
Por mezcla en proporción 100/100 en peso	15000±2000Pa*s	8 a 10 horas	Entre 25 y 35°C	Entre -25 y 150°C

Resistencia térmica(max 5h)	Caducidad	Resistencia a la tracción	Variación de volumen
150 °C	12 meses en envase cerrado	> 5 MPa	< 0.1 %



## **1.4 Materiales de los substratos o adherentes.**

### **Fibras**

#### **Fibra de vidrio.**

La fibra, empleada es un tejido Roving 290T, de la marca JEMG. El gramaje de la fibra es de  $290 \text{ gr/m}^2 \pm 5\%$ , y el espesor de 0.250 mm y de calidad de vidrio E. Este tejido de fibra esta compuesto de fibras entrecruzadas en dos direcciones perpendiculares con la particularidad de no ir cosida, de donde toma la denominación de tejido. En denominaciones comerciales este tipo de fibra se denomina ROVING y de acuerdo con su proporción de fibra por metro cuadrado, se denomina finalmente, TEJIDO ROVING 290T.

#### **Fibra de carbono.**

La fibra, empleada es un tejido (Roving) RC 300T, de la marca SP. El gramaje de  $290 \text{ gr/m}^2 \pm 5\%$  con un espesor de 0.25 mm

### **Resina.**

#### **Resina de epoxi .**

Resina de epoxi de Vantico ref LY 3505.

La resina utilizada es una resina epoxi transparente de color ámbar pálido y baja viscosidad. El curado tiene lugar dentro de un amplio rango de temperatura, produciendo un sólido rígido y fuerte. La resina epoxi es un encolador excepcional con excelentes propiedades de cohesión y es una barrera eficaz al paso del vapor de agua. Esta resina sintética de epoxi se mezcla con endurecedor que puede ser lento, rápido o una mezcla de ambos.

#### **Endurecedor.**

Endurecedor lento, Vantico referencia Xb 3503.  
Endurecedor rápido, Vantico referencia Xb 3505.

Los endurecedores son de color rojizo el rápido, y transparente el lento. Las proporciones de resina y endurecedor son las suministradas por el fabricante. En este caso el endurecedor se añade en una proporción del 35% con relación a un kilogramo de resina. Este 35% puede ser como se ha dicho de lento o rápido, las diferencias entre estos son el tiempo de vida o manipulación de la mezcla y endurecedor el tiempo de curado posterior del laminado.

#### **Complementos para la resina (opcionales).**

En ocasiones hay que aplicar la resina sobre superficies verticales o sobre zonas en ángulos con radios, donde la resina es difícil aplicar por su estado líquido de baja

viscosidad. En estos casos el empleo de complementos en la resina como polvos de sílice, micro esferas, o un porcentaje de resinas tixotrópicas que aumentan la viscosidad de la resina y facilitan su aplicación, evitando el chorreo en superficies verticales.

### **1.5 Materiales y herramientas necesarios para la fabricación de substratos.**

#### **Cera desmoldeante.**

Cera MOLD-RELEASE de TR.

Sirven para que la fibra de vidrio embebida en resina, no se pegue al molde y facilitar el desmoldeo. Cuando preparamos la superficie sobre la que se realizará el laminado de fibra-resina, es necesario que la superficie sea de buena calidad superficial, uniforme, y, además, para que el laminado no se adhiera al molde se precisan de ceras desmoldeantes. La correcta aplicación de esta cera es un paso esencial para el acabado final.

La cantidad de aplicaciones de cera (retirándola transcurrido un determinado tiempo), depende de sí el molde o superficie base es nueva o no.

Cuando la superficie es nueva hay que dar un mayor número de aplicaciones de cera y el tiempo entre la primera aplicación y las restantes será mayor, hasta que la cera esté seca. Cuando la superficie ya ha sido usada para laminados anteriores, la aplicación de una o dos manos de cera es suficiente y no es necesario esperar a que seque la cera entre aplicaciones.

#### **Disolventes.**

Tales como la acetona, para eliminar los restos de resina y catalizador, así como para la limpieza de las herramientas de trabajo.

#### **Recipientes para la resina.**

Dependiendo de la cantidad de resina a utilizar se pueden usar distintos recipientes. Cuando la mezcla es grande y se precisa de batidores mecánicos para una mezcla correcta, el recipiente debe ser rígido, (cubos de plástico se suelen usar a menudo). Pero cuando la mezcla es pequeña, se recomienda el uso de vasos de papel por ejemplo, que son económicos y desechables.

#### **Rodillos.**

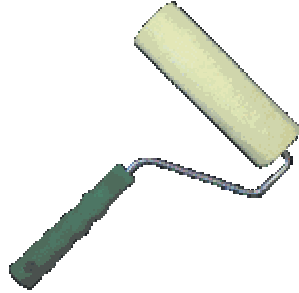
Rodillo Fibra Castor Hogar S/40. Marca Rodapin S.A.

Para la aplicación de la resina, sobre la fibra, normalmente los rodillos de pelo corto son apropiados.

Los rodillos metálicos o de teflón también se usan, después de empapar la fibra con el rodillo de pelo corto, para eliminar burbujas de aire y compactar correctamente el laminado.

Es muy importante que los rodillos estén limpios y secos, pues restos de disolvente en el rodillo al mezclarse con la resina la disuelven químicamente, provocando que las piezas se peguen al molde y que el laminado se deslamine.

También se usan brochas para la aplicación de la resina, aunque se suelen usar para zonas donde es difícil acceder con el rodillo o en pequeñas piezas.



**Figura 1.1:** Rodillo de fibra.



**Figura 1.2:** Rodillo de teflón o metálico.

### **Cintas adhesivas de papel.**

Papel Kraft encintado 18 x 20 cm Rodapin.



**Figura 1.3:** Cinta de papel adhesiva.

Los moldes o superficies del laminado en ocasiones requieren una especial preparación antes de comenzar a laminar para evitar el contacto de resina en los bordes, para permitir realizar operaciones posteriores. Estas cintas limitan la zona de resina y permiten con tan solo retirarlas, la colocación del tacky tape, que como veremos a continuación es un elemento esencial en el proceso de curado por vacío.

Además de posibilitar la colocación del tacky tape, son una protección para las zonas del molde en las que no se quiere laminar y, por tanto, no es recomendable que entren en contacto con la resina.

La limpieza de resina cuando aun esta dentro del periodo de su vida útil es posible con disolventes como acetona por ejemplo, pero esto sobre un molde que encerado es un inconveniente pues pierde las propiedades que tenía y debe ser encerado como si fuera nuevo, lo que requiere como se dijo de un tiempo elevado.

Otra manera de eliminar la resina del molde es, una vez curada, con una espátula plana y con mucho cuidado de no arañar el molde. Pero esto es un trabajo que, aunque

requiere menos tiempo que volver a encerar en algunas ocasiones, es muy delicado, por lo que todo aquel que haya rascado moldes con espátula, por experiencia preferirá usar estas cintas de papel para proteger el molde cuando sea imposible evitar el contacto con la resina, para evitar este tedioso trabajo posterior. Pero hay que señalar que también con habilidad se puede evitar manchar la zona del molde que no va a ser usada, y evitar trabajos posteriores.

### **Peel plies.**

Tejido de nylon V620-006 de SP.

Este material confiere al laminado rugosidad superficial, además de permitir operaciones posteriores de laminado o unión a otros materiales sin requerir preparación superficial.

El uso de esta capa de tejido de peel-plies, se utiliza cuando se quiere obtener una superficie apropiada de la última capa, que evita la necesidad de lijar si se quiere pegar algo sobre esta. También se utiliza cuando se quiere obtener una superficie antideslizante ya que la superficie al retirar el peel-plies queda con un tacto áspero.

## **5.6 Materiales y herramientas necesarias para curar las piezas al vacío.**

Para realizar el curado de las piezas al vacío, se requieren materiales especiales y equipos para producir el vacío. Además, en los casos que la resina requiera un curado a una temperatura superior a la temperatura ambiente, se realiza en hornos que también pueden llevar sistemas para producir el vacío.

Una vez laminada la pieza se colocan los materiales necesarios para el proceso de curado por vacío. Estos materiales se colocan en el orden en que se describen a continuación.

### **Sangrador o film desmoldeante.**

Film de polipropileno V600-004 de SP

El sangrador es un plástico muy fino, lleno de unos agujeros muy pequeños, para la salida de aire y epoxi sobrante, del laminado. El uso del sangrador es esencial en el proceso de curado por vacío.

### **Manta absorbente.**

Manta absorbente de poliéster V660-001 de SP.

Manta absorbente, es un material utilizado para absorber el exceso de resina, de laminados curados con vacío. Además de permitir la eliminación de aire o elementos volátiles del laminado durante el proceso de curado por vacío.

El sobrante de epoxi, expulsado a través del sangrador es absorbido por la manta, que, además, hace de puente de salida de aire para conectar con la aspiración de la bomba de vacío. El fundamento de la manta es que el vacío llegue a toda la pieza, de forma uniforme. Si no se utiliza la manta el vacío no se produce, mas que en la zona donde se

conecta la aspiración de la bomba de vacío y el curado del compuesto es desigual conforme se aleja de la misma.

### **Cinta adhesiva. (Tacky tape)**

Cinta adhesiva selladora V700-002 de SP.

Es una cinta adhesiva de doble cara, de una consistencia flexible y espesor alrededor de 5mm, que se pega por una cara al film de la bolsa de vacío y por la otra al molde o a la misma bolsa, según el modo de cierre que se requiera. Esta cinta adhesiva es a la vez un sellador para evitar fugas de aire y realizar un correcto vacío.

### **Bolsa de vacío.**

Film de nylon V680-002 de SP.

La bolsa o film de vacío, es usada para el correcto sellado de todo el área del laminado curado mediante vacío.

La preparación de la bolsa de vacío depende de la superficie sobre la que se lamina. Cuando el molde tiene una pestaña suficiente para poder pegar la bolsa de vacío sobre su borde por medio de una cinta adhesiva de doble cara, Tacky Tape, se puede preparar una bolsa sencilla. Pero en ocasiones, en las que no se dispone de borde suficiente, se prepara una bolsa suficientemente grande para envolver completamente el molde. En ambos casos es preciso sobredimensionar la bolsa de vacío, pues cuando la aspiración de vacío se produzca, la bolsa se deberá adaptar a toda la pieza sin dificultad. El film de la bolsa de vacío hay que manipularlo con extremo cuidado para que no se arañe ni perfora, pues entonces el vacío no se producirá. Cuando se coloque el tacky tape hay que hacerlo en una sola operación pues una vez está en contacto con el film es muy difícil despegarlo.

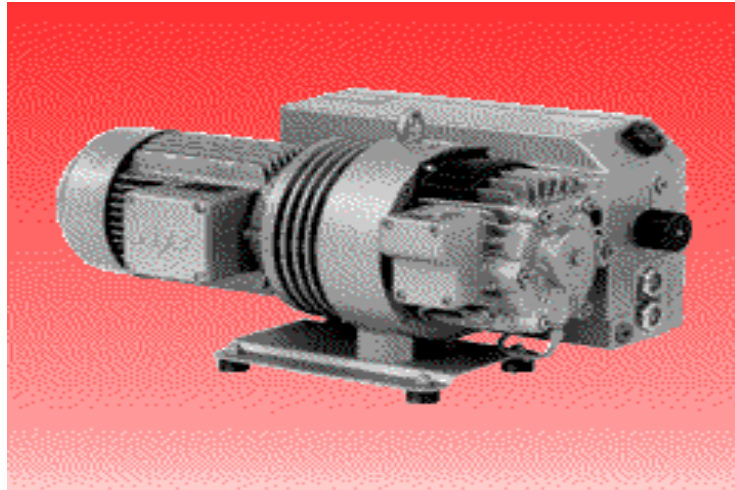
Para unir el tubo de la bomba de vacío al interior de la bolsa se usa tacky tape, rodeándolo para que quede hermético, al tubo hay que enrollarle manta para que se comunique a la pieza y, además, para que la resina sobrante no obstruya el tubo, y pueda llegar a entrar en la bomba.

### **Bomba de vacío.**

Bomba de vacío VCA-25 DS. RIETSCHLE

La capacidad de vacío es 25 m<sup>3</sup>/h, funcionando a 50 ciclos.

Para producir el vacío, la bomba de vacío suele ser la mejor opción, aunque también se pueden usar compresores. Las bombas de vacío tienen la ventaja de que pueden estar funcionando el tiempo requerido sin tener que parar como ocurre a veces con los compresores. También encontraremos hornos de curado que incorporan bombas de vacío, donde además de temperatura se cura por vacío, lo que acelera el proceso de curado.



**Figura 1.4:** Bomba de vacío.

### **5.7 Máquinas-herramientas utilizadas en la fabricación de probetas.**

Para el corte de probetas se utilizan las herramientas que se detallan a continuación.

#### **Amoladora con disco de corte de diamante.**

Amoladora Bosch GWS-180

#### **Tronzadora.**

Tronzadora BUEHLER / METASERV. Modelo MA 95 C-1800

#### **Debastadora pulidora.**

Debastadora-pulidora BUEHLER, mod B/1. Para platos de 8" de diámetro, velocidad variable de 30-600 rpm.

### **5.8 Máquina de ensayos.**

Máquina universal de ensayos HOUNSFIELD. Modelo H25KS, con capacidad de carga de 25KN.

Máquina de carga uniaxial, de 25.000 N de carga máxima. Equipada para realizar ensayos de : tracción , compresión y flexión. Con control de carga, tiempo y velocidad. Conectada a equipo informático para la obtención de las correspondientes gráficas.