

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA Y TEXTIL**



***“SISTEMA DE FIJACIÓN QUÍMICA  
ADHESIVOS ANAERÓBICOS”***

**INFORME DE SUFICIENCIA**

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
**INGENIERO QUÍMICO**

POR LA MODALIDAD DE ACTUALIZACIÓN DE  
CONOCIMIENTOS

PRESENTADO POR :  
**JAKELY INDIRA , LOPEZ SILVA**

LIMA – PERÚ

2003

## DEDICATORIA

A mis Padres en  
reconocimiento a  
su continuo estimulo

Al asimilar conocimientos, nos hacemos hábiles  
Para desarrollar ciencia y tecnología.

J. I. L. S.

## **PRESENTACIÓN**

El desarrollo de los poliuretanos en los últimos 15 años a generado el incremento del uso de los adhesivos anaeróbicos y esto esta estrechamente ligado a la mejora de la vida media del funcionamiento de las maquinas y equipos usados en la industria.

Las propiedades mecánicas y químicas del adhesivo va ha determinar el tipo de aplicación, por lo que el estudio y la posterior descripción implicara el uso adecuado en los distintos equipos y maquinas.

El uso de la protección ha llevado a emplear este producto y son específicamente detallados en el informe de:

**Sistema de Fijación Adhesivos Anaeróbicos**

## **RESUMEN**

La búsqueda científica por controlar los efectos nocivos de la vibración en los montajes mecánicos, conlleva a la búsqueda continua de mejores métodos de aseguramiento de los montajes, logrando así desarrollar una nueva tecnología basada en sistemas de fijación anaeróbica. Con esta tecnología se logra reducir en diversas formas los daños producidos por la vibración y fricción entre piezas y estructuras metálicas que resultaron difíciles de controlar con los sistemas convencionales basados en elementos mecánicos de fijación.

El objetivo de este trabajo es proporcionar a todos los interesados, una fuente de información clara y detallada de este sistema de fijación con productos químicos, de las propiedades, resistencias químicas y mecánicas; así mismo el uso de estos en la industria.

Es a través de **UTECO S.A.C.**, la empresa mediante la cual se realiza la asesoría técnica a las industrias de nuestro país sobre estos sistemas de fijación química, por la cual se han obtenido los diferentes casos aplicativos que se presentan en el trabajo. También se menciona las técnicas convencionales existentes en el mercado, se hace un análisis comparativo de las características y beneficios de los métodos mecánicos convencionales y el sistema de fijación química.

En la parte central del trabajo se presenta en forma detallada en que consiste el sistema de fijación química que logra una segura, rápida y económica forma de minimizar los efectos de la vibración (alojamiento de pernos, desgaste de ejes y rodajes, soldadura de piezas, fugas de fluidos, etc.) que en muchos casos son motivo de paradas de planta.

En la parte final se presentan las conclusiones y observaciones que se han obtenido de la experiencia profesional con este sistema de fijación química en diferentes industrias del país.

# ÍNDICE

	<b>Pág.</b>
<b>I.- Introducción</b>	<b>1</b>
1.1 Historia de los Adhesivos	1
1.2 Ventajas y desventajas de los Adhesivos	2
1.2.1 Ventajas	2
1.2.2 Desventajas	3
1.3 Fuerzas de Unión	3
1.4 Clasificación de los Adhesivos	4
1.4.1 Adhesivos Reactivos	5
1.5 Propiedades de los Adhesivos Antes del Curado	5
1.5.1 Formación de la unión adhesiva	5
1.5.2 Realización de la unión adhesiva	6
1.5.2.1 Limpieza Adecuada de los Sustratos	6
1.5.2.2 Selección del Adhesivo	6
1.5.2.3 Obtención de un buen contacto interfacial	7
1.5.2.4 Creación de fuerzas de Adhesión intrínsecas en la unión	7
1.5.2.5 Determinación de la Adhesión	7
1.6 Durabilidad de las Uniones Adhesivas	8
1.7 Tensión y Energías Superficiales : Angulo de contacto	8
1.7.1 Tabla N° 1 Energía superficial crítica de diversos materiales	9
1.8 Composición de los adhesivos	9
<b>II.- Reparación de los Materiales a Unir</b>	<b>11</b>
2.1 Objetivos	11
2.2 Descripción de los tratamientos de Limpieza	13
2.2.1 La limpieza superficial	13
2.2.2 Los tratamientos Abrasivos	13
2.2.3 Los Tratamientos Químicos	14
2.2.4 Los Primers	14
2.3 Tratamientos de Materiales Metálicos	15
2.4 Microgeometría superficial : Rugosidad	16
<b>III.- Adhesivos y Selladores Anaeróbicos (Reactivos)</b>	<b>17</b>
3.1 Tipos de polimerización	17
3.2 Poliadicción o polimerización en cadena	17
3.3 Adhesivos Rígidos	18
3.3.1 Los Anaeróbicos	19
3.3.1.1 Generalidades	19
3.3.2 Composición de los Anaeróbicos	20
3.3.2.1 Mecanismo de Curado de los Anaeróbicos	21
3.3.2.2 Ventajas de los Anaeróbicos	22
3.3.2.3 Desventajas de los Anaeróbicos	22
3.3.2.4 Aplicación de los Anaeróbicos	22

<b>IV.- Tecnología Anaeróbica</b>	23
4.1 Trabamamiento y Sellado de Roscas	23
4.1.1 Generalidades	23
4.1.2 Porque Fallan Los Elementos Roscados	23
4.1.2.1 Relajación	24
4.1.2.2 Auto Aflojamiento	24
4.1.2.3 Rotura	25
4.1.3 Aplicación	26
4.2 Sellado de Roscas y Tubería	27
4.2.1 Tipos de Roscas en el Mercado	27
4.2.2 Tipos de Selladores	28
4.2.3 Factores a Considerar para el Sellado de Roscas	29
4.2.4 Selección de selladores de Roscas	30
4.3 Junta (Sellado de Bridas)	30
4.3.1 Generalidades del Sellado de Bridas	30
4.3.2 Juntas Anaeróbicas Formadas IN SITU (FIS)	31
4.3.3 Diseño de juntas rígidas con selladores Anaeróbicos	33
4.3.4 Método de Aplicación y Montaje	34
4.4 Retención de Montajes Metálicos Cilíndricos	34
4.4.1 Métodos Tradicionales	34
4.4.2 Inconvenientes de los Métodos Tradicionales	36
4.4.3 Adhesivos Anaeróbicos para retener elementos cilíndricos	36
4.4.4 Tipos de Retenciones con Adhesivos Anaeróbicos y Propiedades	37
4.4.4.1 Montajes por Deslizamiento con adhesivo	37
4.4.4.2 Montajes a Presión con Adhesivo	39
4.4.4.3 Montaje por contracción en caliente con Adhesivo	41
4.4.5 Aplicación Típicas de Retención de Elementos Cilíndricos	43
<b>V.- Comportamiento en Servicio de las Uniones Adhesiva</b>	44
5.1 Efecto de la temperatura	45
5.2 Efecto de la humedad	46
5.3 Efectos Electroquímicos y de Corrosión	48
5.4 Resistencia Química	48
5.5 Efecto Combinado de la humedad y Temperatura	48
<b>VI.- Seguridad e Higiene de los Adhesivos</b>	49
6.1 La Regulación sobre materiales peligrosos	49
6.2 Evaluación de los riesgos Toxicológicos : El TLV	50
6.3 Seguridad e Higiene de los Adhesivos	51
<b>VII.- Casos Aplicativos Del Sistema de Fijación Química</b>	53
7.1 Fotos	53
7.2 Ejemplo de Ahorro de costos para el Tractor de Oruga	55
7.2.1 Tractor de Oruga Komatsu d375a – 7	55
7.2.2 Perforadora P&H 100XP	56
<b>VIII.- Conclusiones</b>	57
<b>IX.- Bibliografía</b>	58
<b>X.- Anexos</b>	59
10.1 Información Técnica de los Trabadores y Fijadores Anaeróbicos	59
10.2 Cuadro con Información Técnica de los Selladores de Cañería y de Bridas	61
10.3 Hoja de Seguridad de un Trabador de Pemos	63

## **I. INTRODUCCIÓN**

Es una realidad que dentro una economía globalizada la competitividad productiva de un país es uno de los parámetros que debemos mejorar. La Industria de los aceites y grasas (oleaginosa), constituye un sector muy dinámico y de alta competencia con el mercado internacional. Esta exigencia determina el uso óptimo de la energía, vapor, agua y otros insumos que influyen directamente en los costos de fabricación de los productos que se ofrecen en el mercado, teniendo la ventaja adicional de preservar el medio ambiente.

El presente trabajo esta dirigido a optimizar el consumo de vapor en el proceso de deodorizado, reducción de combustible, cambio de combustible, mejora de algunos componentes del sistema de vapor y condensado, recuperación de condensado y la unidad generadora de vapor que consiste en: Instalación de un economizador, sistema de recuperación por flasheo, aislamiento térmico, programas de mantenimiento y condiciones operativas. Los cuales contribuyen a elevar la eficiencia y reducir los costos operativos.

Toda la información ha sido obtenida en condiciones reales, de una empresa líder del sector alimenticio, habiéndose utilizado los cálculos de ingeniería convencional y se han comparado con los datos obtenidos mediante el uso del software CHEMCAD y SUPERPRO DESIGNER, cuyos resultados son muy próximos a los cálculos previstos.

Las mejoras propuestas se han implementado, lo cual ha permitido un ahorro anual de \$ 944 199. De esta forma se contribuye con la productividad empresarial y la competitividad a nivel internacional. Así mismo se va mejorando el impacto ambiental al reducir emisiones contaminantes a la atmósfera.



## 1.2 Ventajas y desventajas de los adhesivos

**Adhesivo**, aquella sustancia que aplicada entre las superficies de dos materiales permite una unión resistente a la separación. Denominamos **sustratos o adherentes** a los materiales que pretendemos unir mediante un adhesivo. El conjunto de interacciones físicas y químicas que tienen lugar en la interfase adhesivo/sustrato recibe el nombre de **adhesión**.

Las propiedades mecánicas y químicas del adhesivo van a determinar el tipo de aplicación que se le va a dar.

### 1.2.1 Ventajas

Respecto a los métodos de ensamblajes sus ventajas son:

- **Distribución uniforme de tensiones**, sin distorsión del sustrato: No se producen deformaciones estructurales por calor o esfuerzos mecánicos y se eliminan las puntas de tensión.
- **Rigidización de las uniones**: los adhesivos forman uniones más rígidas y duraderas entre las superficies a unirse, logrando una resistencia superior en 30 por ciento y un 100 por ciento sin llegar a romperse.
- Es una alternativa económica para unir materiales diferentes.
- Funcionan también como selladores.
- **Aislamiento**: al ubicarse entre los sustratos evita fenómenos como la corrosión galvánica bimetálica, la erosión por fricción y la corrosión por frotamiento, así como también impide el ingreso de agentes corrosivos como el aire y la humedad.
- **Menor número de componentes**, tornillos, pasadores, remaches, abrazaderas, etc.
- **Mejora el aspecto del producto**: las piezas unidas tienen un mejor acabado.
- **Uniones híbridas**: los ensamblajes mecánicos unidas a los adhesivos mejoran el desempeño de los equipos.

### 1.2.2 Desventajas

En los adhesivos destacan los siguientes inconvenientes:

- **Preparación superficial:** necesario para asegurar resultados fiables.
- **Tiempos de curado:** cuando se usan adhesivos con largos tiempos de secado, puede haber un retraso en el proceso de producción.
- **Desmontaje:** pueden ser difíciles de desmontar.
- **Resistencia mecánica y temperaturas limitadas.**
- **Inexistencia de ensayos no destructivos,** sólo en producciones en cadena se realiza muestreos y ensayos destructivos para garantizar su eficiencia.

### 1.3 Fuerzas de unión

Los materiales a unirse pueden ser del mismo o de diferentes sustratos donde el adhesivo es el puente entre dichos sustratos y el mecanismo de unión va a depender de:

**Adhesión.-** es la fuerza de unión del adhesivo al sustrato. Aquí las fuerzas de atracción y absorción tienen gran importancia ya que esta fuerza de adhesión va a disminuir notablemente si el material adhesivo no está en contacto íntimo con las zonas a unir debido a la poca rugosidad superficial de estas.

Es por ello que el adhesivo debe penetrar totalmente en la rugosidad superficial y mojar toda la superficie, esta es la razón de que la resistencia de la fuerza adhesiva dependa del grado de mojado (para lograr el máximo intercambio intramolecular) y, por otro lado, de la capacidad adhesiva de la superficie.

**Cohesión.-** es la fuerza que prevalece entre las moléculas dentro de un adhesivo y mantiene el material unido. Estas fuerzas incluyen:

- Fuerzas intermoleculares de atracción (fuerzas de Van Der Wals) y
- Entlaces entre sí de las moléculas de polímero.

Tanto las fuerzas de adhesión como las de cohesión en una unión son aproximadamente iguales. Podemos evaluar la adhesión de dos sustratos simplemente realizando un ensayo de rotura de la unión adhesiva.

**La falla de una unión adhesiva puede ocurrir de tres posibles modos:**

- Separación por cohesión: cuando se produce la ruptura del adhesivo.
- Separación por adhesión: cuando la separación se produce en la interfase sustrato adhesivo.
- Ruptura de sustrato: cuando el propio sustrato se rompe antes que la unión adhesiva.

Cuando se diseña una unión adhesiva se pretende que la rotura no sea en ningún caso en el adhesivo, es decir, que la separación nunca se produzca en la interfase sustrato-adhesivo.

## 1.4 Clasificación de los adhesivos

Podemos distinguir dos grandes grupos sobre la base del mecanismo de formación de la junta adhesiva.

- Los adhesivos prepolimerizados: aquellos cuyo polímero ya existía antes de ser aplicado el adhesivo sobre la unión.
- Los adhesivos reactivos: se encuentran en estado líquido, viscoso, gel, etc. y están constituidos por monómeros o cadenas olí gomeras, estas secan por polimerización al ubicarse entre los sustratos.

**PARA EFECTOS DEL TRABAJO, SE RESUELVE EL TEMA DE LOS ADHESIVOS ANAERÓBICOS (adhesivos reactivos mediante poliadición)**

### **1.4.1 Adhesivos Reactivos**

- **Mediante poliadición:**
  - Anaeróbicos
  - Acrílicos
  - Cianoacrilatos
  - Siliconas de poli adición
  - Poliésteres
  - Poli sulfuros
  
- **Mediante policondensación:**
  - Poliuretanos
  - Epoxis
  - Siliconas de poli condensación
  - Fenólicos

## **1.5 Propiedades de los adhesivos antes del curado**

### **1.5.1 Formación de la unión adhesiva**

Para lo cual debe considerarse lo siguiente:

- Contar con material de buena calidad.
- Cuidadoso control del proceso de adhesión.
- Respetar los tiempos necesarios para realizar la unión.
- Cumplir con las especificaciones técnicas y medioambientales del producto adhesivo.

## **1.5.2 Realización de la unión adhesiva**

Las etapas a seguir en la realización de las uniones adhesivas son las siguientes:

### **1.5.2.1 Limpieza adecuada de los sustratos**

Las funciones que tiene la limpieza de los adherentes son las siguientes:

- Verificar el estado de los materiales a unirse.
- Identificar la presencia de contaminantes.
- Realizar una limpieza previa de los adherentes usando disolventes y/o detergentes, etc., aún con medios mecánicos si fuera necesario.

### **1.5.2.2 Selección del adhesivo**

Se debe considerar lo siguiente:

- Capacidad de adhesión inherente al sustrato.
- Condiciones de uso de la unión adhesiva, que a su vez considera lo siguiente:
  - a) Esfuerzos: tensión, cizalladura, fatiga, impacto.
  - b) Factores químicos:
    - i. Externos: disolventes, ácidos, álcalis.
    - ii. Internos: migraciones de especies de bajo peso molecular, reacciones de la interfase.
- Medioambiente de trabajo de la unión adhesiva.
- Conductividad, aislamiento térmico, color, proceso de fabricación de la unión.
- Estabilidad de los materiales, método de aplicación del adhesivo.
- Precio.
- Factores de salud y seguridad: normativa vigente.

### **1.5.2.3 Obtención de un buen contacto interfacial**

Las superficies de los materiales tienen mayor o menor apetencia para ser unidas, y esto se cuantifica mediante la energía superficial, la cual se obtiene a partir de la medida del ángulo de contacto.

### **1.5.2.4 Creación de fuerzas de adhesión intrínsecas en la unión**

No siempre se requiere crear enlaces químicos en la interfase, ya que se generan múltiples puntos de contacto entre cadenas del polímero y la superficie del sustrato.

Pero si estas fuerzas de adhesión no fueran suficientes, se puede hacer lo siguiente:

- **Tratamientos superficiales del sustrato.**
- **Adición de promotores de la adhesión al adhesivo.**

### **1.5.2.5 Determinación de la adhesión**

Para evaluar si una unión adhesiva es adecuada se deben considerar tanto la resistencia a la separación como el modo de fallo de la unión adhesiva.

Los ensayos más habituales para evaluar la resistencia de las uniones son:

- **Ensayos de pelado (T, 180°, 90°).**
- **Ensayos de cizalla (single lap-shear).**
- **Ensayos de torsión.**

## **1.6 Durabilidad de las uniones adhesivas**

Esta depende de la degradación producida por el ambiente de trabajo de la unión, por lo que deben ser sometidas a ensayos de fatiga y envejecimiento.

Los ensayos más frecuentes implican:

- Envejecimiento en ciclos de humedad-temperatura.
- Influencia de la luz ultravioleta.
- Corrosión salina e inmersión en disolventes, etc.

## **1.7 Tensión y energía superficiales: ángulo de contacto**

Para que se produzca la adhesión, el sustrato debe ser mojado por el adhesivo, aunque no es la única condición para que esta suceda.

Se dice que un líquido moja a un sólido cuando el ángulo de contacto que forma una gota de adhesivo sobre el sólido es menor de  $90^\circ$ . Si el ángulo es mayor de  $90^\circ$  el líquido no moja al sólido.

El mojado es pobre sobre materiales de baja energía superficial, mientras que se produce una alta mojabilidad sobre materiales de alta energía superficial. La mojabilidad es aceptable sobre sustratos de energía superficial media.

El mojado depende de la energía superficial del sustrato y de la viscosidad del adhesivo, pero este puede disminuir si existen contaminantes superficiales.

Los adhesivos mojan adecuadamente las superficies a unir si su energía superficial es igual o menor que la energía superficial del sustrato.

- 1. Superficies con baja energía superficial**  
(menor de  $30 \text{ mJ/m}^2$ ) = Apolares.
- 2. Superficies con alta energía superficial**  
(entre  $60$  y  $300 \text{ mJ/m}^2$ ) = Polares.

1.7.1

TABLA N° 1

*Energías superficiales críticas de diversos materiales a (T) ambiente.*

Superficie (material)	Energía Superficial
PTFE (Teflón)	18 mN/m
PVC	40 mN/m
Poliamida 6/6	46 mN/m
Hierro	2030 mN/m
Tungsteno	6800 mN/m
Adhesivos LOCTITE	30 - 47 mN/m

La tabla N° 1 muestra que los metales se pueden unir fácilmente, mientras que los plásticos frecuentemente son más difíciles; aunque la energía superficial se puede mejorar con un **pre-tratamiento** adecuado.

### 1.8 Composición de los adhesivos

La composición de un adhesivo varía enormemente en base a la familia adhesiva a la que pertenece, al igual que los mecanismos de curado pueden ser muy diferentes.

Aún así los constituyentes de un adhesivo genérico pueden ser:

1. **Producto base:** puede ser un único producto, mezcla de varios productos o modificaciones químicas de ciertos productos base. Es, casi siempre, una mezcla de monómeros, oligómeros y/o polímeros.
2. **Aditivos:** sustancias que modifican las características físico-químicas del monómero, poligómero o polímero base del adhesivo antes y después de su curado.



**Podemos distinguir:**

- a) **Iniciadores:** en el caso de adhesivos monocomponentes reactivos se deben emplear sustancias que mediante algún tipo de mecanismo se activen e inicien la reacción de polimerización.
- b) **Agentes de reticulación:** para lograr la termo estabilización de ciertos adhesivos.
- c) **Diluyentes:** reducen la concentración de sólidos del adhesivo mejorando su mojabilidad, modifican las propiedades como la viscosidad y la procesabilidad.
- d) **Colorantes:** confieren color al adhesivo.
- e) **Antioxidantes:** evitan fenómenos de oxidación del monómero.
- f) **Plastificantes:** modifican la temperatura de transición vítrea y, en consecuencia, las propiedades físicas del adhesivo una vez curado.
- g) **Agentes de “tack” o resinas tackificantes:** sustancias que confieren untuosidad al adhesivo. Pueden ser sustancias naturales (derivados de resinas de pino) o sintéticas (derivados de residuos del petróleo).
- h) **Surfactantes o tenso activos:** agentes que mejoran la estabilidad de los adhesivos emulsionados.
- i) **Sustancias fluorescentes:** permiten la localización del adhesivo sobre la pieza mediante detectores adecuados.
- j) **Carriers:** soportes sólidos empleados fundamentalmente en adhesivos piezosensibles.
- k) **Agentes de acoplamiento o promotores de la adhesión:** generan enlaces primarios con el sustrato cuando es necesario mejorar la durabilidad del adhesivo.
- l) **Estabilizantes:** para mejorar la vida útil del producto.
- m) **Agentes antibacterianos y fungicidas:** permiten una mejor vida útil del adhesivo.

3. **Cargas/espesantes:** en general son sustancias empleadas para modificar la reología del adhesivo antes de curar y/o las características mecánicas del adhesivo curado, también se pueden usar cargas inertes para abaratar el producto final.
4. **Disolventes:** sustancias que se emplean únicamente en los adhesivos en disolución y los adhesivos de contacto. Favorecen la procesabilidad y el "tack" del adhesivo.
5. **Endurecedores:** empleados como segundo componente en los adhesivos bicomponentes. Mezclados con el otro componente provocan la reacción química de curado.

## II.- REPARACIÓN DE LOS MATERIALES A UNIR

### 2.1 Objetivos

El espesor dentro del cual tiene lugar las interacciones entre adhesivo y sustrato (interfase adhesiva) es del orden de las distancias intermoleculares, por lo que cualquier sustancia intermedia va a interferir en este fenómeno. Debido a esto se buscan situaciones exentas de cualquier agente extraño que provenga del entorno o del mismo sustrato. Estos procesos se denominan tratamientos superficiales y aunque no son siempre imprescindibles son de gran importancia en el proceso de adhesión.

**Los objetivos de un tratamiento superficial son:**

1. Desarrollar la fuerza y la durabilidad de las adhesiones, optimizando el contacto intermolecular entre el adhesivo y el sustrato. Respecto a los sustratos, podemos distinguir:
  - a) **Sustratos de baja energía superficial:** que requieren de tratamientos mecánicos o modificaciones químicas para elevar la energía superficial.
  - b) **Sustratos de alta energía superficial:** que necesitan de imprimaciones órgano metálicas para evitar la degradación.
2. Lograr que la adhesión sea debida a fuerzas de adhesión intrínsecas y no sólo al anclaje mecánico, para asegurar una buena adhesión inmediata y una larga durabilidad de las uniones.
3. Facilitar la reproducibilidad de los resultados.
4. Evitar la formación de capas de débil cohesión, producidas, por ejemplo, por la migración de plastificantes a la superficie del sustrato.

Existe una gran variedad de tratamientos superficiales, algunos buscan facilitar la reticulación del adhesivo, actuando como un activador y otros pretenden proteger la superficie del sustrato (metales)

Considerar los siguientes factores para elegir la mejor preparación superficial:

- Tamaño y forma geométrica de las superficies.
- Tipo de instrumentación disponible.
- Estabilidad de los materiales.
- Posibilidad de migraciones superficiales.

## **2.2 Descripción de los tratamientos de limpieza**

### **2.2.1 La limpieza superficial**

Existen tres procedimientos de limpieza de acuerdo al uso de disolventes:

- **Desengrasado en fase vapor.**
- **Tratamiento en baño de ultrasonidos.**
- **Frotado, inmersión o spray.**

### **2.2.2 Los tratamientos abrasivos**

Principalmente son lijados, cardados, chorro de arena, chorro de granalla, etc. El método de abrasión elegido dependerá del sustrato y del proceso de unión.

Los efectos que producen sobre los sustratos son:

- **Eliminación de los contaminantes superficiales.**
- **Creación de una superficie activa.**
- **Aumento del área de contacto con el adhesivo.**
- **Se retarda la fractura mecánica de la unión adhesiva.**

Los agentes químicos empleados para eliminar la capa más externa de material se denominan "decapantes".

### **2.2.3 Los tratamientos químicos**

Al crear grupos polares en la superficie de los sustratos, se logran uniones más duraderas.

Los tratamientos químicos más usuales son:

- **Ácido crómico:** empleado para el PE.
- **Disoluciones de sodio:** para plásticos y poli olefinas fluoradas.
- **Ciclación (con ácido sulfúrico):** para cauchos.
- **Halogenación:** también para cauchos.

### **2.2.4 Los primers**

Los primers o imprimaciones son sustancias que se emplean como intermedio entre el adhesivo y el sustrato.

Estos pueden producir los siguientes efectos:

- 1. Protección de la superficie del sustrato.**
- 2. Mejoras en la interacción entre el adhesivo y el sustrato, esto es:**
  - a) Incrementando la mojabilidad de los adhesivos muy viscosos.**
  - b) Permitiendo la adhesión de sustratos difíciles de unir.**
  - c) Creando una capa de mayor energía superficial.**
  - d) Aumentando la vida de servicio de la unión adhesiva.**
  - e) Mejorando la adhesión de los adhesivos.**

3. Mejora de las propiedades cohesivas de sustratos inconsistentes.
4. Flexibilización del tratamiento superficial.
5. Generación de características particulares, como:
  - a) Reducción de la penetración de la humedad.
  - b) Eliminación de la rugosidad superficial.
6. Absorción e inclusión de la suciedad superficial inherente a ciertos sustratos.
7. Protección de la interfase adhesiva frente a la radiación UV.

### **2.3 Tratamiento de materiales metálicos**

Desde el punto de vista de los adhesivos, los metales tienen una serie de características particulares, tales como:

- Alta energía superficial
- Presencia de capas débiles de cohesión en:
  - a) Recubrimientos superficiales.
  - b) Casos de adsorción de humedad y contaminación atmosférica.
  - c) Capas superficiales de óxido.

Debido a la formación gradual de óxido que tiende a disminuir la adhesión inicial con el tiempo, se requiere de tratamientos superficiales que mejoren la durabilidad de la unión.

**Los tratamientos superficiales comúnmente empleados en metales son:**

- **Limpieza con disolvente:** Se realiza un lavado con limpiador alcalino. Puede además aplicarse un tratamiento químico o una abrasión.
- **Abrasión mecánica:** Con esmeril, cepillo de púas, papel lija o chorro de granalla, que es el más efectivo de todos, luego se lava con disolvente para eliminar impurezas.
- **Tratamientos químicos:** Tiene sus limitaciones por que requiere un cuidadoso control ya que puede generar residuos y posible modificación de las propiedades intrínsecas del metal. Sin embargo alargan la vida de servicio de las uniones adhesivas
- **Imprimaciones:** Generalmente silanos.

## **2.4 Microgeometría superficial: rugosidad**

La rugosidad superficial se puede definir como la irregularidad micro geométrica en las superficies de las piezas mecanizadas. Se forman crestas y valles lo que deja superficies rugosas, producto de la acción de las herramientas utilizadas.

Desde el punto de vista de la adhesión deben considerarse los siguientes parámetros:

- **Profundidad de la rugosidad.**
- **Altura de alisamiento.**
- **Media aritmética de la rugosidad.**

Podemos encontrar relieves superficiales de origen natural y los obtenidos de forma artificial. Para efectos de la adhesión se da mayor importancia a los relieves obtenidos artificialmente, se busca acabados groseros que faciliten el anclaje mecánico y aumenten el área de la interfase adhesivo-sustrato.

La viscosidad del adhesivo debe ser la adecuada para adaptarse a la estructura geométrica y al estado energético de la superficie, para lograr que las desigualdades de la superficie sean rellenadas y que las capas de adhesivo tengan un espesor capaz de recubrir las holguras entre los sustratos.

### III.- ADHESIVOS Y SELLADORES ANAERÓBICOS (Reactivos)

#### 3.1 Tipos de polimerización

Existen dos posibles mecanismos para la polimerización artificial:

- **Poli adición:** por adición al abrirse un doble enlace de un monómero que lo contenga.
- **Poli condensación:** por condensación de moléculas sencillas en la reacción de monómeros difuncionales con grupos terminales reactivos.

#### 3.2 Poli adición o polimerización “en cadena”

En la polimerización por poli adición o “en cadena”, los monómeros empleados normalmente contienen un doble enlace  $C=C$  que puede participar en una reacción en cadena la cual sigue tres etapas.

- **Etapas de iniciación:** una o varias moléculas iniciadoras generan, mediante una reacción química o mediante una descomposición térmica, una “especie activa”. Esta especie activa, que puede ser un radical libre, un anión, un catión o un complejo de coordinación, inicia entonces la polimerización adicionándose al doble enlace del monómero. La reacción ocurre de tal manera que se genera un nuevo radical libre, anión, catión o complejo. El monómero inicial se convierte en la primera unidad que se repetirá en la cadena polimérica incipiente.



- **Etapa de propagación:** las “especies activas” recientemente generadas se adicionan a nuevos monómeros de forma similar a como ocurría en la etapa de iniciación. Este proceso se repite una y otra vez hasta que se produce la última etapa del proceso.
- **Etapa de terminación:** el crecimiento de la cadena se interrumpe por reacción con otra cadena en crecimiento, por reacción con otras especies existentes en la mezcla o por descomposición espontánea del núcleo activo.

La etapa limitante de las poli adiciones es la de iniciación, siendo la concentración activa muy baja, en comparación con el resto de especies presentes (especialmente el polímero recién formado y monómero aún sin reaccionar). Por este motivo, las velocidades de reacción son elevadas.

### **3.3 Adhesivos rígidos**

Los adhesivos rígidos presentan, por lo general, un alto rendimiento frente a esfuerzos estáticos a cortadura, compresión y tracción (los anaeróbicos no resisten esfuerzos importantes a tracción), pero son muy sensibles frente a esfuerzos de pelado y cargas dinámicas. Los sustratos deben presentarse en forma tal que puedan absorber o minimizar los efectos negativos de estos esfuerzos.

**Estos pueden clasificarse según su capacidad de relleno de holgura en:**

- **Adhesivos para sustratos coincidentes:**
  - Anaeróbicos
  - Cianocrilatos
- **Adhesivos con capacidad infinita de relleno de holgura:**
  - Epoxis.

### **3.3.1 Los Anaeróbicos**

#### **3.3.1.1 Generalidades**

Hacia los años 40' fueron Bumett y Nordlander (General Eléctrico Corporation) quienes iniciaron los productos anaeróbicos en forma comercial. Estos investigadores observaron que al calentar los monómeros de diacrilato y de dimetacrilato basados en el dietilén glicol u homólogos a 60-80 °C durante algunas horas y se los hacía pasar una corriente de aire, oxígeno u ozono burbujeante, se convertían en materiales capaces de polimerizar espontáneamente a temperatura ambiente para formar polímeros reticulados con propiedades adhesivas.

Pero fue Krieble en los principios de los 50' quien obtuvo un sistema anaeróbico estable; al eliminar el paso de oxigenación del monómero y emplear hidroperóxido de cumen, fuente de radicales muy estable, como iniciador de la polimerización.

Al entrar en contacto con la superficie de un metal y en ausencia de oxígeno, el adhesivo anaeróbico polimerizaba rápidamente generando un producto estable al que se le podía dar un uso comercial como adhesivo.

En la actualidad existen numerosas aplicaciones para estos productos en la industria tales como: ensamblaje de piezas cilíndricas, fijación de piezas roscadas, acoplamiento y sellado de bridas, etc.

### 3.3.2 Composición de los anaeróbicos

Básicamente están compuestos por:

- **Monómeros / resinas**
- **Reactivos para el curado:**
  - Iniciador, en base a hidroperóxidos
  - Acelerador, normalmente aminas
  - Coaceleradores en base a ácidos débiles, como sacarina
- **Estabilizadores:** agentes quelatantes de metales activos, para evitar que la formación de radicales libres no progrese. El más común es la sal de sodio del ácido etilendiamintetracético.
- **Inhibidores:** reaccionan con los radicales activos generando especies inactivas. La hidroquinona es el más común.
- **Modificadores de rendimiento:**
  - **Plastificantes:** reducen el módulo del adhesivo.
  - **Lubricantes.**
  - **Promotores de la adhesión.**
  - **Aditivos para mejorar la resistencia en caliente.**
- **Modificadores de forma:**
  - **Colorantes y pigmentos**
  - **Modificadores de la viscosidad**

**Podemos considerar tres tipos de activadores:**

- **Activadores orgánicos:** velocidad de curado moderada, generan uniones resistentes.
- **Activadores en base a sales de cobre:** velocidad de curado elevada.
- **Activadores en base a catalizadores químicos:** velocidad de curado elevada.

Existen adhesivos anaeróbicos de tipo bicomponente, donde la parte A del producto corresponda al adhesivo, mientras que la parte B es una mezcla de resina y de monómeros que contiene los iones metálicos.

### **3.3.2.1 Mecanismo de curado de los anaeróbicos**

Un adhesivo anaeróbico fragua en ausencia de oxígeno y presencia de iones metálicos. Estos productos son ideales para el ensamblaje de piezas metálicas. La superficie de los metales, rica en iones, favorece la generación de radicales libres en su reacción con los peróxidos presentes en la formulación del adhesivo.

**Sin embargo, los sustratos metálicos presentan diferentes niveles de actividad:**

- **Superficies activas** como acero dulce, latón, bronce, cobre, hierro, aluminio con un contenido en cobre superior al 1 por ciento, zincados, pavonados, cadmiados, etc.
- **Superficies pasivas** como aceros de alta aleación, aluminio con un contenido en cobre inferior al 1 por ciento, níquel, estaño, plata, oro, capas de óxido, cromados, revestimientos anódicos, acero inoxidable, etc.

El tiempo de curado es mayor para metales pasivados. La corrosión y suciedad superficial inhibe la velocidad de reacción al evitar el contacto de los iones con el adhesivo anaeróbico. Los sustratos no metálicos (plásticos, cerámicas, madera, vidrio, etc.) también requieren activación. Los adhesivos anaeróbicos pueden curar también por efecto del calor.

Al calentar de 3 a 5 minutos se inicia el proceso de curado.

### 3.3.2.2 Ventajas de los anaeróbicos

Una vez curados, los adhesivos anaeróbicos presentan las siguientes características:

- Buena resistencia a la cortadura.
- Resistencia a la temperatura (de -55°C hasta un máximo de 230°C).
- Curado rápido.
- Sin acabado superficial excepcional se recomienda rugosidad de 0.8-3.2  $\mu\text{m R}_A$ .
- Efecto sellador con excelente resistencia química.
- Buena resistencia a la vibración.
- Buena resistencia a las cargas dinámicas.
- Fundamentalmente para sustratos metálicos.

### 3.3.2.3 Desventajas de los anaeróbicos

Algunas de las desventajas son las siguientes:

- Los adhesivos anaeróbicos estándar presentan resistencias a tracción, pelado y desgarro pobre.
- Necesitan activadores para sustratos pasivos o no metálicos.

### 3.3.2.4 Aplicaciones de los anaeróbicos

Por sus características se adaptan a muchas aplicaciones en la industria, tales como:

- Trabamamiento de roscas.
- Retención de piezas cilíndricas.
- Sellado de bridas.
- Sellado de conexiones roscadas.
- Acoplamiento de bridas.

## **IV.- TECNOLOGÍA ANAEROBICA**

### **4.1 Trabamiento y sellado de roscas**

#### **4.1.1 Generalidades**

Aproximadamente el 95 por ciento del costo de producción corresponde a gastos de inventario, operaciones de montaje y tiempo de instalación; mientras que el 5 por ciento corresponde a los elementos físicos involucrados (tuerca y tornillo). Se tiene también que el 50 por ciento del tiempo de trabajo en una línea de fabricación se emplea en la realización de operaciones de ensamblaje, ya sea mediante pasadores, tuercas y tornillos, espárragos o remaches. Este costo de operación de ensamblaje aumenta cuando se requiere un reapriete de las uniones atornilladas o en el caso de reparaciones de uniones atornilladas.

**La reducción de los costos referente a este tema se enfoca principalmente:**

- Reducción de stocks.
- Número de elementos presentes en una unión atornillada.
- Realización de uniones más confiables reduciendo el costo de garantía.

#### **4.1.2 Por que fallan los elementos roscados**

**Las causas de fallas principales en un montaje roscado son:**

- Relajación
- Autoaflojamiento
- Rotura

El uso de productos adhesivos para evitar el fallo por autoaflojamiento se ha extendido en todos los sectores industriales a lo largo de los últimos 40 años desde el descubrimiento de los adhesivos anaeróbicos, siendo este el método que da los resultados más confiables.

#### **4.1.2.1 Relajación**

Un montaje roscado se relaja cuando se produce un cambio permanente en la longitud axial del tornillo, o se relaja el sustrato como en las juntas de sellado. Esto reduce la tensión del tornillo y también reduce la fuerza de sujeción residual.

**Los cambios permanentes en la longitud pueden ser producidos por:**

- **Asentamiento.-** Las caras rugosas de las piezas contiguas (Ej. Tuercas, arandelas) se vuelven más finas bajo la presión ejercida por el tornillo.
- **Deformación progresiva.-** La presión superficial en la cara de apoyo del tornillo y de la tuerca, excede la resistencia a la compresión del material de la pieza tensionada.

Se evita la caída de la fuerza de pretensado al aumentar la elasticidad del montaje de forma que el asentamiento y la deformación progresiva esperados se puedan compensar.

#### **4.1.2.2 Autoaflojamiento**

Es uno de los principales problemas que se presentan en las uniones atornilladas sometidas a cargas dinámicas. El montaje forzado se afloja cuando se producen movimientos de deslizamiento entre las superficies de contacto. Estos movimientos, superan a las fuerzas de fricción del montaje roscado y se elimina el efecto de autobloqueo de la rosca. Cuando la fuerza de sujeción es suficientemente grande se puede superar el momento que afloja el montaje.

El problema se da justo en la zona de contacto entre las roscas de tuerca y tornillo. Los diferentes métodos buscan incrementar la superficie existente para aumentar la fuerza de rozamiento, pero ninguno (Arandelas elásticas, tuercas autoblocantes, contratuercas, anillos de Nylon) lo logra.

Las fuerzas dinámicas anulan las fuerzas de rozamiento en la rosca al liberar parte o toda la fuerza de precarga existente. De esta forma, la fuerza normal al plano inclinado disminuye su valor y las fuerzas de rozamiento en la rosca y en cabeza se reducen también en la misma medida.

#### **4.1.2.3 Rotura**

**Esta depende básicamente de:**

- La longitud de la rosca.
- La compatibilidad de los materiales.
- El acabado superficial.
- El par de pretensado.
- El diámetro del tornillo.
- Trabadores de roscas anaeróbicos.

El uso de estos trabadores anaeróbicos permite solucionar de forma efectiva el problema del autoaflojamiento, al polimerizar el adhesivo forma un plástico tenaz que llena las holguras microscópicas entre las roscas de tuerca y tornillo, creando una conexión interfacial, fijándose a la rugosidad superficial.



**El adhesivo solidificado favorece el comportamiento frente al autoaflojamiento debido a que:**

- Elimina la posibilidad de movimiento relativo en dirección axial entre la tuerca y el tornillo al rellenar la holgura existente entre ambos.
- Rellena las irregularidades superficiales existentes en la zona de contacto y aumenta el rozamiento al producirse su enclavamiento en las mismas.
- Aumenta el coeficiente de rozamiento existente.

**Otras ventajas adicionales pueden ser:**

- Par de desmontaje controlado en función del grado de resistencia del producto usado.
- Su excelente resistencia química permite a estos productos trabajar con la mayoría de gases y fluidos usados en la industria.
- Protección contra la corrosión de la unión atomillada.
- Reducción de costos frente a los métodos tradicionales para evitar el autoaflojamiento.
- Factor de lubricación K similar al de los productos lubricantes usados en los montajes atomillados y con la misma variabilidad.

#### **4.1.3 Aplicación**

El adhesivo líquido se puede aplicar a mano o con la ayuda de dispositivos especiales de dosificación. Un mojado adecuado de la rosca depende de los siguientes parámetros:

- Tamaño de la rosca.
- Viscosidad del adhesivo.
- Geometría de las piezas.

Si las piezas son de gran tamaño, se recomienda mojar ambas partes; si es rosca de agujero ciego aplicar el adhesivo en el fondo del agujero.

La cantidad de producto aplicado ha de ser tal que el adhesivo desplazado pueda llenar toda la longitud de la rosca.

Algunos productos trabadores de roscas tienen una influencia positiva sobre el coeficiente de fricción de la rosca, ya que se compara con valores de tornillos lubricados.

La posibilidad de reutilización de los tornillos es importante en los trabajos de mantenimiento y reparación. Los trabadores de roscas con resistencias bajas a medias, se pueden aflojar con herramientas normales sin dañar los tornillos.

## **4.2 Sellado de roscas de tuberías**

### **4.2.1 Tipos de roscas en el mercado**

Los selladores de roscas evitan las fugas de gases y líquidos en las uniones de tuberías. Todas estas uniones se consideran «dinámicas» debido a las vibraciones y a los cambios de presión o temperatura.

**En el mercado se encuentran diferentes tipos de roscas:**

- Rosca cónica de tubería estándar americana, a veces denominada NPT (National Pipe Thread) o rosca cónica.
- Tipo europeo, hembra paralela y macho cónico.
- Estándar americana de sellado en seco. Este tipo tiene la misma forma general que las roscas cónicas pero con el cono truncado.
- Roscas rectas según normas europeas y americanas métricas o SAE.

## 4.2.2 Tipos de selladores

**En el mercado podemos encontrar:**

- **Lacas selladoras sin curado para tuberías.-** es uno de los métodos más antiguos de sellar las vías de fuga en espiral de las uniones roscadas. Son pastas compuestas de aceites y cargas de relleno. Lubrican las uniones y obturan las roscas sin aportar fijación. Sin embargo, pueden fluir bajo presión, tienen una baja resistencia a los disolventes y no funcionan en roscas paralelas.
- **Lacas selladoras para tuberías con base disolvente.-** método antiguo de sellar las uniones roscadas. Aportan lubricación y obturan las holguras, aunque fluyen con menos facilidad, pero se contraen durante el curado al evaporarse los disolventes. Para minimizar los huecos, es necesario volver a apretar las uniones. Fijan por fricción.
- **Las cintas de PTFE (politetrafluoetileno).-** de las cuáles la más conocida es la cinta Teflón®, dan un buen sellado inicial y resisten los ataques químicos. El PTFE es el único sellador orgánico permitido para el oxígeno gaseoso. Actúa como lubricante y resiste los disolventes, pero lubrica también en la dirección de desmontaje, permitiendo que las uniones se aflojen. El efecto lubricante puede dar como resultado un apriete excesivo, añadiendo tensión o causando una rotura. Las cintas de PTFE suelen evitarse en los sistemas hidráulicos debido a su desmenuzamiento, que puede obstruir orificios y provocar graves problemas de mantenimiento.
- **Metal elástico.-** aunque no es un «sellador», es efectivo en uniones mecanizadas cuidadosamente. Sin embargo, hay que destacar los altos costes de mecanización y las tolerancias difíciles de mantener.

- Los selladores anaeróbicos.- curan convirtiéndose en un polímero tenaz e insoluble, que rellena las roscas y evita las fugas independientemente de la presión o del par aplicado. Lubrican durante el montaje, sellan ~~independientemente~~ del par de montaje hasta el valor límite de rotura de la tubería y proporcionan un par de desmontaje controlado, aún años después. Por su carácter anaeróbico, no curan fuera de la unión, siendo fáciles de limpiar.

No se recomienda el uso de los selladores anaeróbicos para sellar oxígeno y agentes fuertemente oxidantes, tampoco para sellar a temperaturas superiores a 200°C y no está recomendado su uso en tuberías de diámetro superior a M80 (R3").

#### 4.2.3 Factores a considerar para el sellado de roscas

**Siempre considerar lo siguiente:**

- Que el sellador presente una mojabilidad suficiente para rellenar perfectamente las irregularidades superficiales de la rosca. Muchos materiales de sellado no logran esto; sólo sellan porque el pretensado es tan alto en los flancos de la rosca que los ~~materiales~~ se comprimen cubriendo estas irregularidades. Sin embargo, es en aplicaciones dinámicas donde surgen los problemas.
- El tamaño es otro factor importante porque un sellador diseñado para uniones de 8 mm. de diámetro puede no funcionar con uniones de 80 mm.
- El sellador correcto aporta la resistencia suficiente para eliminar el movimiento relativo de la unión y evitar así las causas de la mayoría de las fugas.

#### **4.2.4 Selección de selladores de roscas**

Estos están diseñados para usarse con materiales de tuberías metálicas como hierro aluminio, hierro fundido, acero al carbono y acero inoxidable.

**Para una adecuada selección de estos selladores hay que considerar cinco factores:**

- La resistencia a los fluidos requerida.
- El tamaño máximo de tubería.
- El tipo de rosca (esto afecta a la tolerancia).
- Si hay dificultad para el desmontaje, será necesario un calentamiento.
- El tiempo para conseguir el sellado del fluido.

### **4.3 Juntas (Sellado de bridas)**

#### **4.3.1 Generalidades del sellado de bridas**

La misión de dichas juntas es la de garantizar la estanqueidad del conjunto, es por ello que se da especial atención a su diseño, puesto que su fallo puede llegar a ser perjudicial produciendo fugas, por lo tanto es necesario considerar la geometría, materiales y proceso de fabricación de las bridas que forman el conjunto.

**Existen tres tipos de juntas selladoras de bridas en el mercado:**

- Juntas de compresión convencionales de corcho, caucho, metal, etc. (precortadas).
- Juntas de compresión líquidas “curadas in situ” en segundos con luz ultravioleta antes del montaje (CIS).
- Juntas líquidas “formadas in situ”, (FIS), curadas después del montaje de las piezas.

Todas estas cumplen con las funciones de crear sellados, mantener los sellados, mantenerse impermeables a flujos de fluido y el de permanecer compatibles con las maquinarias.

**4.3.2 Juntas anaeróbicas formadas “In situ” (FIS)**

Estas juntas anaeróbicas, solucionan en gran medida los problemas que aparecen con el uso de juntas precortadas por que presenta las siguientes ventajas:

- Las velocidades de curado a temperatura ambiente van desde unos pocos minutos a varias horas lo que se puede acelerar con el uso de activadores, además su conversión es casi del 100% por no tener disolventes con lo cual llena totalmente los espacios vacíos, las imperfecciones superficiales, las marcas de herramientas, eliminando así todo riesgo de fuga.
- No hay relajación de la junta, el contacto metal-metal asegura la tensión apropiada del tornillo a través del tiempo, por esto no requiere reapriete.

- Sin reglaje, no requiere de holguras para mantener un espesor, lo que permite mantener con mayor precisión las tolerancias.
- Resistencia estructural, ofrecen una alta resistencia al cizallamiento que se puede usar para frenar el movimiento debido a la carga lateral. Esto elimina el aflojamiento de los tornillos, el desgaste entre las bridas e incrementa la resistencia del montaje.
- El exceso de material permanece líquido, ya que sólo seca en ausencia de oxígeno por lo que el producto se lava en la parte interior de la brida y se mezcla con los fluidos sin obstruir pasos y canales.
- Acabados superficiales menos exigentes, permite tolerancias menos exactas, ya que el adhesivo anaeróbico es capaz de rellenar estas imperfecciones.
- Reduce los costos por stock, se pueden usar en cualquier modelo y tamaño de bridas.
- Compatibilidad química, presentan una excelente resistencia química a disolventes, combustibles base petróleo, aceites, lubricantes, etc.
- Absorbe las dilataciones térmicas de los diferentes materiales, siempre que se encuentre dentro del rango permisible del producto.
- Las juntas anaeróbicas son plásticos termoestables por lo que trabajan aproximadamente entre los  $-50^{\circ}\text{C}$  y los  $150^{\circ}\text{C}$ , aunque algunos pueden soportar hasta  $204^{\circ}\text{C}$ .
- Los selladores anaeróbicos también facilitan el desmontaje en futuras operaciones de mantenimiento, ya que las uniones de tuberías no se corroen ni se agarrotan.

### 4.3.3 Diseño de juntas rígidas con selladores anaeróbicos

Los adhesivos anaeróbicos presentan una excelente resistencia a esfuerzos de cortadura, pero su resistencia frente a la tracción o pelado es pobre. Es por ello que es importante en una brida rígida, minimizar los movimientos relativos entre las bridas y asegurar el contacto metal-metal entre los sustratos. Esto se consigue cuidando los siguientes parámetros de diseño.

- **El tamaño, número y posición de los tornillos:** La fuerza de compresión que ejercen los tornillos sobre las bridas es la única responsable de mantener las dos superficies en contacto unidas. Por último, la disposición de los tornillos en la brida debe realizarse de forma que, al unir los centros de los alojamientos de los tornillos con una línea imaginaria, ésta se aproxime lo más posible al contorno de la junta. De esta forma se consigue eliminar las zonas con una baja presión de contacto, minimizando el riesgo de movimientos relativos altos durante el funcionamiento, que pueden provocar el fallo del adhesivo.
- **Se recomienda por ello que los tornillos no estén espaciados entre sí, más de 10 veces el diámetro del tornillo.**
- **Rigidez de la brida:** Una mayor rigidez de la brida elimina, en parte, la posibilidad de deformaciones y movimientos relativos debido a vibraciones y dilataciones térmicas diferenciales. En algunos casos es necesario aumentar la rigidez de la junta con nervios de refuerzo que, idealmente, deberían situarse en el punto medio entre dos tornillos consecutivos, al ser este punto el que está sometido a una menor compresión.
- **Rugosidad y planitud:** Aunque los adhesivos anaeróbicos necesitan un acabado superficial menos estricto que en el caso de juntas precortadas, es recomendable una rugosidad superficial entre 0,8 y 3,2 Ra. Así mismo, se recomienda una planitud inferior a 0,1 mm en 400 mm de longitud.



#### **4.3.4 Método de aplicación y montaje**

Los adhesivos anaeróbicos permanecen en estado líquido mientras están en contacto con el aire, lo que permite que la aplicación y el montaje no se realicen al mismo tiempo. No obstante, se recomienda realizar el montaje, como máximo en una hora para evitar el riesgo de contaminación. Una vez iniciado el montaje se debe aplicar la tensión correspondiente a los tornillos inmediatamente. De otra forma corremos el riesgo de dañar la capa adhesiva al apretar los tornillos una vez que el adhesivo ha polimerizado parcialmente.

### **4.4 Retención de montajes metálicos cilíndricos**

#### **4.4.1 Métodos tradicionales**

El término "retención" se utiliza para describir cualquier situación donde deban mantenerse juntos componentes de montaje cilíndrico coaxiales.

**Los métodos tradicionales de retención mecánica son:**

- **Tomillos de fijación.**- método básico para la sujeción de poleas y ruedas a los ejes, actúa bajo efecto de apriete muy localizado, por lo que se limita a cargas muy ligeras y tiende a aflojarse bajo vibraciones.
- **Pasadores de seguridad.**- para capacidades de carga más altas pero necesitan una alineación precisa de las piezas.
- **Resortes circulares.**- con resistencia a la sujeción axial, crean concentraciones de tensión alta localizadas en la junta, y requieren de una mecanización extra de la pieza. Ofrecen la ventaja de un desmontaje fácil.

- **Chavetas y chaveteros.**- para la retención de poleas y engranajes se pueden utilizar las chavetas, donde deben transmitirse pares más considerables, pero este sistema necesita una mecanización de gran precisión y alto costo. Los ejes que se extralimitan de tamaño requieren normalmente grandes concentraciones de tensión alrededor del chavetero. Pueden darse también el aflojamiento y el desgaste por movimientos relativos.
- **Estriados.**- se recomiendan para cargas torsionales muy altas, también presenta sus inconvenientes.
- **Soldaduras.**- desde un simple punto hasta una soldadura compleja por láser o un haz de electrones, dependiendo del tipo de junta. Su inconveniente es el garantizar la calidad de esta y las grandes tensiones mecánicas y térmicas que se crean.
- **Montajes por interferencia.**- pueden transmitir cargas relativamente altas, tanto axiales como torsionales, por medio de fuerzas de fricción que se crean cuando existe alta presión por contacto entre las superficies coincidentes. Esta presión de contacto se crea por la existencia de una interferencia mecánica entre las piezas coincidentes.  
Cuanta más alta sea la presión de contacto, más alta será la resistencia de la junta.
- **Existen diferentes categorías de montajes por interferencia:**

**Montaje a presión:** Se fuerzan para unir a temperatura ambiente.

**Montaje por contracción en caliente:** Bien por enfriamiento del componente macho o por calentamiento del componente hembra justo antes del montaje, de tal forma que la interferencia durante el montaje se reduzca ó elimine. Esta técnica se utiliza con piezas de gran interferencia para reducir ó eliminar la fuerza de montaje ó, para reducir la posibilidad de agarrotamiento ó dañado de superficies durante el montaje.

#### **4.4.2 Inconvenientes de los métodos tradicionales**

- Muchos de estos sistemas son relativamente caros debido a los costes extras de mecanizado y/o componentes adicionales. Con frecuencia se requieren procesos de endurecimiento para minimizar el desgaste y prolongar la vida.
- Las grandes cargas axiales y los pares, no se distribuyen uniformemente alrededor de toda la junta, dando como resultado, muy altas concentraciones de tensión en algunos casos, lo que puede conducir a problemas de fatiga y un fallo precoz del conjunto.
- En los montajes por interferencia la resistencia es una función de fricción y presión de contacto. Los diseñadores deben afinar las tolerancias de mecanizado y conseguir un acabado superficial con menos irregularidades con lo que se eleva el coste de producción.
- Al especificar los altos valores de interferencia para poder soportar altas cargas, existe el peligro de ocasionar daños ó fallos en los componentes.
- La corrosión por fricción, ocasionada por micromovimientos entre las superficies de contacto en presencia de oxígeno atmosférico, es una fuente de problema de durabilidad.
- La soldadura está limitada a materiales similares ó compatibles, el calor genera además distorsión ó tensiones en las piezas.

#### **4.4.3 Adhesivos anaeróbicos para retener elementos cilíndricos**

Estos se aplican dentro de la junta cilíndrica y las razones por las cuales usar un retenedor anaeróbico varia según el caso.

**Algunas de las ventajas más comunes son:**

- El **diseño de la junta** más sencillo, con ahorro de costes.
- **Tolerancias** más amplias en la fabricación/costes de fabricación más bajos.
- **Fácil montaje**, con mayor resistencia.
- **Con la junta sellada**, se produce menor corrosión medioambiental. Se logra no sólo una adhesión "química", sino también un anclaje "mecánico" ya que el adhesivo actúa en el interior de las irregularidades producidas por la rugosidad superficial, como si fueran pequeñas cuñas en miniatura.

**Algunas de sus limitaciones son:**

- La **temperatura** es un limitante importante, para temperaturas mayores a 150° C.
- **Tener en cuenta la holgura**, ya que en grandes holguras, la resistencia disminuye y el tiempo de curado del adhesivo aumenta.
- Los adhesivos **retenedores** funcionan mejor en sustratos metálicos.

**4.4.4 Tipos de retenciones con adhesivos anaeróbicos y propiedades**

**4.4.4.1 Montajes por deslizamiento con adhesivo**

Existe un espacio entre el componente macho y hembra, donde es el adhesivo el que transmite la carga aportando toda la resistencia a la unión reduciendo las concentraciones de tensión y rellenando la holgura entre las piezas.

**Las ventajas de este método son las que siguen:**

- Es un método sencillo y correctamente ensamblado.
- La junta queda sellada limitando la posibilidad de corrosión.
- No se dañan las superficies del componente durante el montaje.
- Es posible la alineación y ajuste de la junta antes que el adhesivo endurezca.
- Menor exigencia en las tolerancias de fabricación y la rugosidad superficial.

**Presenta las siguientes limitaciones:**

- Deben utilizarse únicamente en juntas no críticas con cargas ligeras. Las resistencias estáticas pueden ser altas, particularmente en modo cortadura, pero, la resistencia cíclica a compresión/tensión ó cargas de flexión está limitada.
- No mover las piezas al ajuste y alineación inicial hasta que el adhesivo seque, se pueden usar activadores para lograr resistencia de manipulación a los 5 minutos.
- Se debe usar una plantilla de fijación mientras endurece el adhesivo, para los casos en que la alineación sea un aspecto crítico.

**Considerar las siguientes recomendaciones:**

- En lo posible maximizar el área de contacto.
- Considerar siempre la holgura con la que trabaja el producto. Todos los adhesivos retenedores tendrán un buen comportamiento en holguras de 0,1 mm de diámetro. Se tiene productos de alta viscosidad, para las grandes holguras.
- Tener siempre en cuenta el tiempo de secado para cada producto según lo recomienda el fabricante.
- Para piezas más grandes, o trabajos de ensamble que requieran más tiempo se puede usar un adhesivo con secado lento.

#### 4.4.4.2 Montajes a presión con adhesivo

La resistencia final de la junta, es el resultado de la resistencia mecánica de la unión por fricción y presión de contacto, y la resistencia a cortadura y el efecto de cuña/sujeción del adhesivo.

Las ventajas son:

- Aporta un aumento considerable de la resistencia, comparada con la junta por ~~interferencia~~ original, así como las ventajas asociadas que conlleva como serían una más baja tensión circunferencial y radial.
- Las ~~tensiones~~ ~~alternas~~ tensión/compresión, ó fuerzas de flexión, que podrían ocasionar el fallo rápido en la unión ó montaje por deslizamiento, se resisten por medio del contacto metal a metal en una unión de montaje a presión.
- En la unión de montajes a presión, el adhesivo proporciona una capa protectora a las dos superficies, por que actúa como lubricante, minimizando el riesgo de daños. Por ello, con estos adhesivos se puede usar más tiempo durante el ensamblaje.

Esta técnica tiene las siguientes desventajas:

- Este tipo de montaje puede producir temperaturas muy elevadas por la fricción entre las piezas, ocasionar el endurecimiento, aumentar las fuerzas de ensamblado, romper al mismo tiempo la unión formada parcialmente, y en ~~consecuencia~~, comprometer la resistencia final de la unión.
- El adhesivo puede ser barrido durante el ensamble. Se puede mejorar la cobertura y ~~humectación~~ óptima del adhesivo en la superficie, si las piezas coincidentes tienen la entrada en bisel.

**Considerar los siguientes parámetros para realizar montajes a presión:**

- **Producir un diseño confiable que minimice la fuerza de montaje y maximice la fuerza de resistencia de la unión en el ensamblaje.**
- **Aunque algunos adhesivos toleran pequeñas cantidades de aceite en la superficie, cuanto más limpias estén las superficies, más alta será la resistencia.**
- **Si se aumenta el nivel de interferencia de la junta, se aumentará la resistencia de la unión en la misma.**

**Se pueden utilizar tres procedimientos para reducir las fuerzas de montajes:**

- a) Al utilizar adhesivos de curado lento, los cuales presumiblemente, no curarán por calor durante el proceso de montaje. En la práctica, a temperaturas elevadas, localizadas y generadas durante el montaje, hay poca diferenciación entre los productos de curado lento y rápido.**
- b) Al utilizar una velocidad de montaje rápida. Dando menos tiempo para la transferencia de calor, por lo que el adhesivo puede no secar.**
- c) Los adhesivos anaeróbicos lubrican en estado líquido. Una vez que la presión de contacto es suficientemente alta como para generar calor el adhesivo, pierde la función lubricante.**

**Se pueden obtener los mejores resultados cuando se aplica el producto sobre toda la superficie de los componentes macho y hembra. La aplicación del producto a sólo uno de los componentes reduce la resistencia en un 10% normalmente.**

#### **4.4.4.3 Montajes por contracción en caliente con adhesivo**

Se calienta el componente hembra, ocasionando suficiente dilatación que permite ensamblar las piezas como un montaje con holgura. El adhesivo se aplica sólo al componente macho y se ensamblan las piezas. A medida que el componente hembra se enfría, se va contrayendo alrededor del adhesivo formando una unión de montaje por interferencia.

**Las mejoras que introduce el uso de adhesivos combinado con el montaje por contracción en caliente son las que siguen:**

- Después del montaje la parte exterior caliente ayudará a crear un cuadro inicial muy rápido, y la concentración del anillo ejercerá una carga de compresión sobre el adhesivo curado, produciéndose un aumento de resistencia suficientemente ~~distanciado~~ de la resistencia nominal a cortadura del adhesivo en un montaje por ~~deslizamiento~~.
- Muestra generalmente, las resistencias estática y a fatiga más altas.
- El contacto metal-metal de la unión de montajes por interferencia asegura buena ~~resistencia~~ a la compresión/tensión dinámica de las fuerzas de flexión proporcionando un buen comportamiento a la fatiga bajo condiciones de carga ~~complejas~~.



### **Hay que considerar las siguientes limitaciones:**

- Se requiere un alto grado de control del proceso para asegurar resistencias de gran uniformidad. Se debe controlar la temperatura del componente calentado: si es demasiado baja no habrá suficiente dilatación en las piezas a ensamblar como en un montaje con holgura; si es demasiado alta, el adhesivo curará demasiado deprisa, creando un diafragma ó capa de adhesivo separando las dos piezas.
- A menudo, son necesarias plantillas y accesorios de unión para evitar que las piezas queden atascadas durante el montaje.
- No se recomienda para piezas de pequeño diámetro debido a la necesidad de altas temperaturas para obtener suficiente dilatación térmica (220°C es una guía de la temperatura máxima de montaje).

### **Consideraciones a la hora de tratar los montajes adheridos por contracción en caliente:**

- El aumento del nivel de interferencia de la junta aumentará la resistencia de la unión, aunque algunos ensayos sugieren que la interferencia es menos crítica en la unión de juntas por contracción en caliente.
- Calentar el componente hembra, si se enfría el componente macho se obtendrán peores resultados, ya que no existe el curado por calor del adhesivo y a menudo, habrá condensación (agua) en el componente macho, lo que podría reducir la resistencia.
- Observar el grado de calentamiento para crear la dilatación diferencial necesaria, de tal manera que las piezas se puedan ensamblar con un montaje con holgura. Si las piezas se tocan durante el montaje, en ese caso será necesaria fuerza para completar el montaje y la resistencia se verá perjudicada.

- Cuidar de no crear oscilaciones en el material por la alta temperatura, con lo cual, el adhesivo cura demasiado rápido y produce una fina capa que separa los componentes macho y hembra.
- La cantidad de adhesivo debe ser suficiente como para cubrir la superficie de unión, evitar el exceso de adhesivo ya que ocasionaría oscilaciones.

#### 4.4.5 Aplicaciones típicas de retención de elementos cilíndricos

**Existen tres categorías básicas en aplicaciones de retención:**

- **Montaje de anillos:** Para aplicaciones típicas donde un anillo se aclopa sobre un eje ó sobre un alojamiento, se recomienda montajes sencillos por deslizamiento. Entre los ejemplos se incluyen; camisa del cilindro, grupo de unidades laminadas del rotor en el eje del motor eléctrico, tubos envolventes del puente trasero, montajes de rodamientos, etc.
- **Montaje de rodamientos y cojinetes sobre ejes ó alojamientos:** principalmente para posicionamiento, pero puede resistir también cargas axiales, y posiblemente cargas de compresión pesadas. El montaje de rodamientos puede realizarse por deslizamiento cuando se requiere baja resistencia. Los montajes a presión se deben utilizar cuando el rodamiento esté soportando una fuerte rotación ó masas recíprocas. La alineación del eje se puede simplificar con frecuencia utilizando una unión adhesiva. El adhesivo es mejor conductor de temperatura que el aire. En la unión de montajes a presión, la cobertura de la unión mejora si el adhesivo se extiende sobre toda la superficie de unión, y mejor aún si se aplica a ambas superficies. La resistencia de los montajes a presión mejora con el uso de adhesivos, pudiéndose usar niveles de interferencia más bajos, proporcionando reducción en las fuerzas de montaje y menores tensiones en las piezas.

- **Montaje de engranajes:** Se refiere a la sujeción de engranajes, ruedas dentadas y poleas sobre ejes. Siempre estará presente una considerable carga de torsión, y la carga será dinámica. La longitud de la junta será, normalmente, de un 25-50% del diámetro exterior del engranaje. Los montajes de engranajes deben diseñarse siempre a presión o por contracción en caliente, donde el adhesivo garantizará la vida útil del montaje.
- **Montaje de chaveteros y piezas cónicas:** Otra aplicación interesante es la unión de conexiones de forma, éstas tienen holguras en la dirección de la rotación las cuales causan un mayor desgaste y ruido desagradable durante los ciclos de carga. El llenado de las holguras con adhesivo permite que se transmita un par adicional, ya que el montaje se convierte en una combinación de forma y de una unión interfacial. Así se evitan la alta presión superficial en los flancos de las piezas cónicas y el desgaste.

## **V.- COMPORTAMIENTO EN SERVICIO DE LAS UNIONES ADHESIVAS**

### **Introducción**

Se han identificado multitud de factores que pueden causar degradación del adhesivo, del adherente o de la intercara entre ambos, determinando la duración en servicio de la unión adhesiva. Existen interacciones entre ellos de tal manera que su efecto se refuerza, potenciando su influencia global, el efecto combinado de los dos factores es mayor que la suma de cada uno de ellos por separado.

## **5.1 Efecto de la temperatura**

Los adhesivos que se consideran son polímeros que exhiben comportamiento visco elástico y otras propiedades que son función de la temperatura y el tiempo. La temperatura puede afectar el grado de entrecruzamiento entre cadenas, causar la oxidación del adhesivo o de los adherentes, provocar fragilidad, etc.

Las uniones adhesivas pueden estar sometidas a temperatura durante su proceso de fabricación o cuando están en servicio, pero excederse de su límite máximo puede iniciar procesos de degradación térmica y de termoxidación en los adhesivos de base polimérica. Esto puede conducir a un deterioro de las propiedades mecánicas y posteriormente llegar al fallo de la unión.

La diferencia de coeficientes de dilatación puede dar lugar al desarrollo de tensiones de origen térmico en la intercara. Durante el curado del adhesivo, los cambios de volumen pueden ser una fuente de tensiones en el seno del material. Pero es cuando se enfría el adhesivo por debajo de su temperatura de transición vítrea cuando se generan tensiones residuales de origen térmico en la intercara adhesivo-adherente lo que generaría el fallo del adhesivo.

**Para que se produzca la despolimerización de un adhesivo han de satisfacerse dos condiciones:**

- Que la temperatura exceda un valor máximo, por encima del cual el polímero sea termodinámicamente inestable.

Que exista un mecanismo por el cual se produzca la rotura de enlaces químicos y se generen centros activos que permitan que prosiga la despolimerización.

Todos los polímeros se degradan térmicamente cuando se alcanza una cierta temperatura, incluso en ausencia de aire. No obstante, la presencia de oxígeno acelera este proceso. El aporte de oxígeno dependerá de la permeabilidad a este gas del adhesivo y de los adherentes y de la distancia en que se desee difundir desde la superficie libre hasta el interior de la unión.

## **5.2 Efecto de Humedad**

Muchos polímeros son relativamente permeables al agua. La humedad puede ejercer influencia sobre las propiedades del polímero mediante hidrólisis y puede actuar como plastificante en otras ocasiones. La intercara juega un papel destacado en los efectos que la humedad provoca en la unión. En algunos casos, el agua realmente llega a desplazar al adhesivo, ya que la molécula de agua es altamente polar y permeable a la mayoría de los polímeros.

La mayoría de las uniones adhesivas están expuestas a la acción del agua (líquida o como vapor) cuando la humedad relativa (HR) es suficientemente elevada y es prácticamente imposible evitar que difunda al interior del adhesivo. El agua puede afectar al adhesivo, a los adherentes y particularmente a la intercara entre ambos, debido a que se produce una migración de la molécula hacia la superficie de alta energía del adherente. Algunos de los procesos que tienen lugar son reversibles (por ejemplo, la plastificación del adhesivo) y la resistencia de la unión puede restablecerse tras un secado.

También se pueden dar cambios irreversibles (por ejemplo, hidrólisis y microagrietamiento del adhesivo) que provocan daños permanentes y pérdida de propiedades en la unión por alguno de los siguientes mecanismos:

- Difusión a través del adhesivo desde los bordes exteriores en contacto con la humedad.
- Transporte a lo largo de las intercaras adhesivo/adherentes.
- Difusión a través de adherentes permeables (por ejemplo, materiales compuestos de matriz polimérica).
- Migración por zonas micro agrietadas del adhesivo.

Una vez que ha penetrado en la unión, el agua puede causar cambios en las propiedades del adhesivo debido a uno o más de los siguientes procesos:

- Plastificación del adhesivo con pérdida de resistencia de la unión.
- Cambio en las propiedades del adhesivo por efecto del microagrietamiento e hidrólisis.
- Hinchamiento y generación de tensiones residuales en la unión.
- Ataque de la intercara adhesivo/adherente mediante el desplazamiento del adhesivo o a causa de una reacción directa del agua con el adherente.

### **5.3 Efectos electroquímicos y de corrosión**

Cuando los adhesivos se usan para unir metales y en presencia de humedad, es necesario considerar los posibles efectos de corrosión electroquímica. La vida en servicio de la unión adhesiva puede estar en ocasiones limitada por la corrosión en la intercara.

### **5.4 Resistencia Química**

Diversos agentes químicos interactúan y afectan a las propiedades de los polímeros usados en la formulación de adhesivos: ozono, disolventes, combustibles, lubricantes etc. Pueden alterar la interfase y las propiedades de adherencia.

### **5.5 Efecto combinado de la Humedad y Temperatura**

Estos agentes, cuya acción independiente es ya de por sí perjudicial para la unión adhesiva, exhiben diversos efectos sinérgicos cuando coinciden dos o más de ellos, como por ejemplo el envejecimiento y degradación. La interacción de estos dos factores puede dar lugar a un proceso de degradación más grave del que supone cada uno de ellos por separado. El efecto más crítico de la acción conjunta de la temperatura y la humedad es sobre la difusión de las moléculas de agua en el adhesivo.

## **VI.- SEGURIDAD E HIGIENE DE LOS ADHESIVOS**

### **6.1 La regulación sobre materiales peligrosos**

Durante los últimos años se ha desarrollado de forma extensa un conjunto de reglamentos sobre el uso y almacenaje de sustancias químicas, entre las que están incluidos los adhesivos. Estas normas trascienden en muchos casos el ámbito nacional, sobre todo en aquellas en las que se involucra el medioambiente.

Existen reglamentos concretos que regulan las condiciones de Seguridad e Higiene mínimas requeridas para asegurar la calidad del ambiente de trabajo. Tales reglamentos prohíben tajantemente aquellas sustancias que en las condiciones en las que son manipuladas pueden producir trastornos físicos sobre los operadores, ya sea por exposiciones puntuales o por exposiciones periódicas.

Hay también reglamentos que regulan el transporte de sustancias peligrosas o tóxicas, definiendo claramente las categorías según el tipo y la magnitud de los riesgos, y los sistemas de transporte, medios de envasado y rutas de transporte que tales sustancias deben seguir para minimizar tales riesgos.

Otros reglamentos preservan el medioambiente de la emisión de agentes contaminantes, bien sea por su carácter tóxico intrínseco, bien sea por los efectos secundarios que puedan producir sobre el hombre, sobre los ecosistemas, sobre la atmósfera o sobre bienes materiales.

Tales sustancias sólo pueden hallarse en el medio ambiente por debajo de los límites de concentración establecidos. Se regula también el vertido de residuos al entorno.



El desarrollo de estas regulaciones es el resultado de la demanda de la sociedad de tales medidas que la industria no emprende por sí misma, por falta de incentivo económico. En la actualidad la inversión dedicada a la investigación en este terreno es cada vez mayor.

La Agencia de Seguridad e Higiene del Trabajador de los EE.UU. (Occupational Safety and Health Agency, O.S.H.A.) comenzó los primeros trabajos que regulan sobre la Seguridad e Higiene en los ambientes de trabajo.

Las recomendaciones de "buenas prácticas" (good practice) fueron establecidas por este organismo y han sido internacionalmente aceptadas por la mayoría de los países.

## **6.2 Evaluación de los riesgos toxicológicos: El TLV**

Al finalizar la II Guerra Mundial la Conferencia Americana de Higienistas Industriales Gubernamentales (ACGIH = American Conference of Governmental Industrial Hygienists) estableció las líneas generales para la evaluación de los límites de concentración atmosférica de una sustancia a los que podía ser expuesto un operario.

Desde 1974, la ACGIH comenzó a publicar anualmente los TLV's (Threshold Limit Value o Valor Límite Umbral), también denominados 8-hr TWA's (8-out Time Weighted Averages o Valores Medios expresados en Peso medidos para exposiciones diarias de 8 horas).

El TLV se define como la exposición en el ambiente de trabajo a una sustancia concreta en el aire que puede soportar un trabajador durante toda su vida profesional (8 horas al día, 5 días a la semana) sin ningún efecto negativo relevante para su salud. Aunque los TLV's no son aplicables cuando existen vías adicionales de acceso del tóxico al operario (ingestión o absorción a través de la piel), un segundo agente tóxico o la persona expuesta es hipersensible.

En 1970 los TLV's de cientos de sustancias de la edición de la ACGIH de 1968 fueron adoptados como requerimientos legales en cuanto a Seguridad e Higiene y pasaron a denominarse PEL's (Permissible Exposure Limits o Límites de Exposición Permisible).

### **6.3 Seguridad e Higiene de los adhesivos**

Los mayores riesgos toxicológicos y medioambientales provienen sin lugar a duda de los adhesivos en base solvente. Estos adhesivos emiten al ambiente de trabajo vapores de disolventes orgánicos que presentan problemas de toxicidad, de inflamabilidad y producen daños en la atmósfera terrestre.

La legislación restringió en su momento el uso de los CFC's (Chlorine Fluorine Carbon o Cloro Fluoro Carbonado), gases muy estables que llegaban a las más altas capas de la atmósfera y allí eran oxidados por el ozono presente.

El resultado es la degradación de la capa de ozono, responsable de preservar a la superficie terrestre de la dañina acción de los rayos ultravioleta proveniente del sol.

En una segunda partida se está prohibiendo paulatinamente el uso de los VOC's (Volatile Organic Compound o Compuesto Orgánico Volátil), compuestos que por un lado se acumulan en las capas bajas de la atmósfera, creando el conocido "efecto invernadero" o reaccionando en presencia de la radiación UV solar para generar ozono, el cual es tóxico.

La mayoría de los disolventes empleados actualmente en estos adhesivos entran dentro de esta segunda partida para la salud. Por ello nos debemos remitir a las Hojas de Seguridad e Higiene de cada producto comercial para conocer su toxicidad potencial.

Normalmente las concentraciones obtenidas en las zonas circundantes a la dosificación de poliuretanos son muy inferiores a los límites establecidos por la OSHA (Occupational Safety and Health Agency), pero se recomienda medir la concentración de isocianato en el aire, sobre todo en áreas de uso masivo.

Ningún adhesivo anaeróbico es tóxico o inflamable, presentan olores poco apreciables y sólo precisan de ventilación especial cuando se emplean activadores en base solvente o cuando se emplean disolventes clorados como limpiadores.

Algunos son irritantes de la piel y los ojos por lo que requieren de las medidas de higiene más básicas empleadas con la mayoría de los aceites o productos químicos.

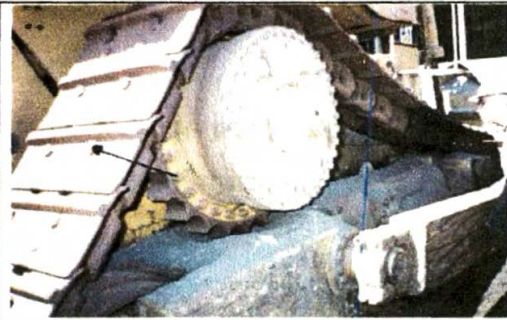
## VII.- CASOS APLICATIVOS DEL SISTEMA DE FIJACIÓN QUÍMICA

### 7.1.- FOTOS

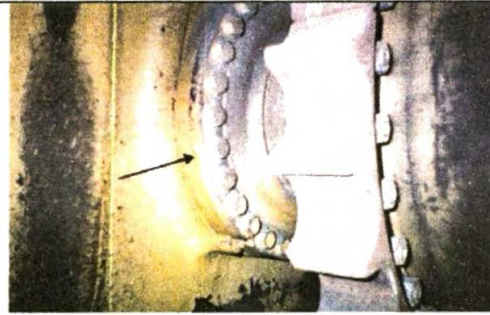
Foto Nº 1 Tractor de Oruga



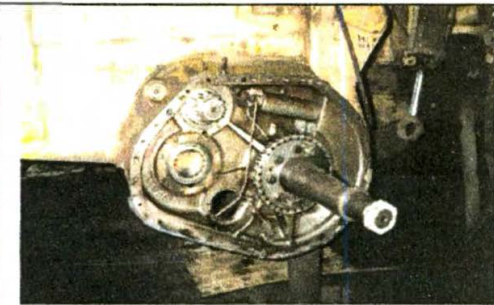
**Fotos N° (1, 2, 3, 4) Aplicación del sistema de fijación**



**Foto N° 1 TRABAMIENTO DE PERNOS DE ZAPATA**



**Foto N° 2 SELLADO DE TAPA DEL MANDO FINAL**



**Foto N° 3 FIJACION DE RODAJES DEL MANDO FINAL**



**Foto N° 4 SELLADO DE NIPLES**

## **7.2 Ejemplo de ahorro de costos para el tractor de oruga**

### **7.2.1 Tractor de orugas komatzu d 375 a -7**

#### **CASO:**

Los pernos con diámetro de 1 1/8" de las 2 zapatas delanteras del lado derecho presentan aflojamiento.

#### **PROBLEMA:**

Se requiere de 2 horas para realizar el reajuste de los pernos 2 veces por semana.

El costo del equipo es de \$ 537/hr.

#### **SOLUCION ANTERIOR**

Se re-torquea los pernos periódicamente.

#### **SOLUCION ACTUAL**

Se aseguran estos pernos con el trabador anaeróbico y se evita aflojamientos.

#### **AHORRO DE COSTOS**

$2\text{hr./vez} * 2\text{veces/semana} * 48\text{semanas/año} * \$537/\text{hr.} = \$103,104/\text{año}$

### **7.2.2 Perforadora P&H 100 xp**

#### **CASO:**

Nicles de válvula del motor de rotación que presentan fuga de aceite hidráulico.

#### **PROBLEMA:**

Se realiza nuevo sellado entre 1/2 y 1 hora.

Cada 40 días se realiza dicha reparación.

El costo del equipo es de \$ 2925

#### **SOLUCION ANTERIOR:**

Sellado con cinta de teflón.

#### **SOLUCION ACTUAL:**

Sellador de roscas anaeróbico.

#### **AHORRO DE COSTOS:**

$365\text{días/año} * \$2925 / 40\text{días} = \$26,690/\text{año}.$

## **VIII.- CONCLUSIONES**

- 1.-** Como los metales ensamblados tienen un contacto del 30% y al ser rellenado el 70% de los espacios vacíos por los adhesivos anaeróbicos, se está logrando total contacto y los ensambles van a trabajar como si fueran una sola pieza.
- 2.-** Los adhesivos anaeróbicos, resultaron ser una solución más económica y muchas veces más rápida que los métodos tradicionales.
- 3.-** Los adhesivos anaeróbicos presentan una excelente resistencia química.
- 4.-** Los trabadores de pernos anaeróbicos evitan el aflojamiento de estos pernos
- 5.-** con lo que se logra importantes ahorros de costos y tiempos.
- 6.-** Los selladores anaeróbicos permiten el reposicionamiento de las conexiones roscadas, sin afectar su capacidad de sellado.
- 7.-** Los adhesivos anaeróbicos permanecen en estado líquido antes de ensamblar, y permite disponer de tiempo para el montaje de los equipos.
- 8.-** Una vez ensambladas las piezas y en ausencia de oxígeno, se tiene un tiempo de secado controlado que permite, si fuera necesario poner el equipo en funcionamiento.
- 9.-** El uso de fijadores anaeróbicos permite ensamblar piezas cuando estas presentan desgastes o en el mejor de los casos realizar un mantenimiento preventivo rellenando únicamente los microespacios propios de las piezas.
- 10.-** Los selladores de juntas anaeróbicos son una alternativa eficaz para el sellado de diferentes uniones donde los empaques rígidos no logran un sellado total ni duradero.



## **IX. BIBLIOGRAFÍA**

- 1. Bikales.N.M.**  
“Adhesion and Bonding”  
John Wiley & Sons - New York 1971
- 2. Kinloch, A.J.**  
“Adhesion and Adhesives”  
Science and Technology - Chapman and Hall  
Londres 1987
- 3. Loctite Worldwide Design Handbook**  
2ª Edición Español  
Loctite Corporation 1995
- 4. Madrid, M.**  
“Tecnología de la Adhesión”  
Loctite España - Madrid 1997
- 5. Martín Martínez, J.M.**  
“Adhesión de Polímeros y Elastómeros Mediante Adhesivos de Contacto”  
Universidad de Alicante 1994
- 6. Martín Martínez, J.M.**  
“Adhesión y uniones adhesivas”  
CYTED - Alicante 1998
- 7. Suárez, J.C., López, F.**  
“Uniones Adhesivas Estructurales”  
CYTED  
Alicante 2000

## X.- ANEXOS

### 10.1 Información técnica de los trabadores y fijadores anaeróbicos.

#### TRABADORES

<b>Producto</b>	<b>Color</b>	<b>Tiempo parcial secado</b>	<b>Tiempo final secado</b>	<b>Temp. ( ° C )</b>	<b>Selección</b>
222	Púrpura	20 min.	6 hr.	150	Pernos hasta 1/4"
242	Azul	20 min.	6 hr.	150	De 1/4" a 3/4"
271	Rojo	10 min.	2 hr.	150	De 1/2" a 1"
272	Rojo	20 min.	2 hr.	232	De 1/2" a 1"
277	Rojo	30 min.	6hr.	150	Mayor a 1"
290	Verde	10 min.	2hr.	204	Pernos

## FIJADORES

<b>Producto</b>	<b>609</b>	<b>620</b>	<b>635</b>	<b>660</b>
<b>Color</b>	<b>Verde</b>	<b>Verde</b>	<b>Verde</b>	<b>Verde</b>
<b>Holgura (m.m.)</b>	<b>0.12</b>	<b>0.40</b>	<b>0.22</b>	<b>0.50</b>
<b>Viscosidad (cP)</b>	<b>125</b>	<b>8500</b>	<b>2000</b>	<b>250000</b>
<b>Resistencia Cizallamiento (lb./pulg<sup>2</sup>)</b>	<b>3000</b>	<b>3800</b>	<b>4000</b>	<b>3335</b>
<b>Temperatura (°C)</b>	<b>150</b>	<b>232</b>	<b>150</b>	<b>150</b>
<b>Tiempo de Secado (p/f)</b>	<b>30/24</b>	<b>60/24</b>	<b>180/24</b>	<b>10/24</b>
<b>Primar (Activador)</b>	<b>T</b>	<b>T</b>	<b>T</b>	<b>T</b>

**10.2 Cuadro con información técnica de los selladores de cañerías y de bridas**

**SELLADORES DE BRIDAS**

<b>Propiedades</b>	<b>510</b>	<b>518</b>
<b>Color</b>	<b>Rojo</b>	<b>Rojo</b>
<b>Tipo</b>	<b>Anaeróbicos</b>	<b>Anaeróbicos</b>
<b>Temperatura (° C )</b>	<b>204</b>	<b>250</b>
<b>Holgura (mm)</b>	<b>0.5/0.25</b>	<b>1.27/0.25</b>
<b>Primer</b>	<b>T</b>	<b>T</b>
<b>Tiempo de Curado (p/f)</b>	<b>4/24</b>	<b>4/24</b>

## SELLADORES DE CAÑERIAS ROSCADAS

<b>Propiedad</b>	<b>565</b>	<b>569</b>
<b>Color</b>	<b>Blanco</b>	<b>Marrón</b>
<b>Diámetro de Tubería</b>	<b>Hasta 3"</b>	<b>Hasta 2" Hilos finos</b>
<b>Viscosidad (cP)</b>	<b>350000</b>	<b>400</b>
<b>Resistencia a la Presión (psi)</b>	<b>10000</b>	<b>10000</b>
<b>Temperatura (° C )</b>	<b>150</b>	<b>150</b>
<b>Primer</b>	<b>NF</b>	<b>T</b>
<b>Aplicación Típica</b>	<b>Agua potable, derivados de petróleo, Aire, Gas natural</b>	<b>Sistemas Hidráulicos y Neumáticos</b>

10.3 Hoja de Seguridad de un trabajador de pernos.



HOJA DE DATOS DE SEGURIDAD  
PRODUCTOS QUIMICOS  
NCh 2245

PRODUCTOS TERMINADOS

242 TRABADOR DE ROSCAS REMOVIBLE


28/10/2002

SECCION 1: IDENTIFICACION DEL PRODUCTO Y DEL PROVEEDOR	
Nombre del producto	242 TRABADOR DE ROSCAS REMOVIBLE
Código	24200. 24221. 24231. 24241
Proveedor	LOCTITE CORP. CHILE LTDA Av. Apoquindo 3355 Oficina 8 Las Condes -Santiago (56-2) 233 36 06 FAX (56-2) 234 14 48
Fono Emergencia	
Uso u origen existencia/presencia	ANAEROBICO
SECCION 2: COMPOSICION/INGREDIENTES	
Nombre químico	NO APLICABLE
Fórmula química	Dimetacrilato de poliglicol (65 %). Oleato de poliglicol (25 - 30 %). Sacarina (3 - 5 %). Cumeno hidropoxido (1 - 3 %). Propilenglicol (1 - 3 %). Silice amorfa tratada (1 - 3 %). N.N - Dialquiltoluidinas (0.1 - 1 %). Dioxido de titanio (0.1 - 0.5 %).
Sinónimos	NO APLICABLE
Nº CAS	Dimetacrilato de poliglicol (25852-47-5). Oleato de poliglicol (9004-96-0). Sacarina (81-07-2). Cumeno hidropoxido (80-15-9). Propileno glicol (57-55-6). Silice amorfa tratada (112945-52-5). N.N-Dialquiltoluidinas (613-48-9). Dioxido de titanio (13463-67-7).
Nº NU	NO APLICABLE
SECCION 3: IDENTIFICACION DE LOS RIESGOS	
 LIQUIDO COMBUSTIBLE 3 NCh 382	INFLAMABILIDAD  SALUD REACTIVIDAD NFPA 704
MARCA EN ETIQUETA	CLASE 3 LIQUIDO COMBUSTIBLE
PELIGROS PARA LA SALUD	SUSTANCIA IRRITANTE SUAVE PARA LOS OJOS Y LA PIEL. LA INGESTION DE ESTE LIQUIDO PUEDE SER NOCIVA PARA EL ORGANISMO. PUEDE CAUSAR REACCIONES ALERGICAS.
EFFECTOS EXPOSICIÓN AGUDA	
Inhalación	NO ES UNA RUTA NORMAL DE EXPOSICION. EN CASO DE EXPOSICION A NIEBLAS O VAPOR (FORMADO A TEMPERATURAS ALTAS) PUEDE CAUSAR IRRITACION.
Contacto con la piel	PUEDE CAUSAR IRRITACION SUAVE POR TIEMPO PROLONGADO. TAMBIEN ES POSIBLE QUE CAUSE REACCIONES ALERGICAS.
Contacto con los ojos	PUEDE CAUSAR IRRITACION SUAVE.
Ingestión	ES POSIBLE QUE CAUSE ALGUNA ALTERACION GASTROINTESTINAL.
EFFECTOS EXPOSICIÓN CRÓNICA	PUEDE PRODUCIR DERMATITIS EN PERSONAS DE PIEL SENSIBLE.
Condición de salud agravada por exposición al producto	NINGUNA CONOCIDA.
PELIGROS PARA EL MEDIO AMBIENTE	NO SE ESPERA QUE SEA PELIGROSO PARA EL AMBIENTE.
PELIGROS ESPECIALES DEL PRODUCTO	COMBUSTIBLE. LA DESCOMPOSICION TERMICA PUEDE LIBERAR GASES ORGANICOS IRRITANTES.

<b>SECCION 4: MEDIDAS DE PRIMEROS AUXILIOS</b>	
Inhalación	TRASLADAR A LA VICTIMA A UN LUGAR LIBRE DE CONTAMINANTES. SI PERSISTEN MOLESTIAS CONSULTE UN ESPECIALISTA
Contacto con la piel	REMOVER LA ROPA Y CALZADOS CONTAMINADOS. LAVAR LA ZONA CONTAMINADA CON ABUNDANTE AGUA Y JABON POR 15 MINUTOS COMO MÍNIMO SI PERSISTEN MOLESTIAS CONSULTE UN ESPECIALISTA.
Contacto con los ojos	LAVAR CON AGUA EN ABUNDANCIA POR 15 MIN. INCLUSO BAJO LOS PARPADOS. SI PERSISTEN MOLESTIAS CONSULTE UN ESPECIALISTA.
Ingestión	NO INDUCIR EL VOMITO. NO DAR A BEBER NADA. CONSULTE A UN MEDICO.
Notas para el médico tratante	NO APLICABLE
<b>SECCION 5: MEDIDAS PARA CONTROLAR EL FUEGO</b>	
Agentes de extinción	DIÓXIDO DE CARBONO (CO <sub>2</sub> ) POLVO QUÍMICO SECO. ESPUMA.
Procedimientos especiales	ENFRIAR LOS ENVASES EXPUESTOS AL FUEGO CON NEBLINA DE AGUA.
Equipo de protección personal	NIVEL DE PROTECCIÓN D Y SOBRE EL UN BUZO ENCAPSULADO RESPONDER.
<b>SECCION 6: MEDIDAS PARA CONTROLAR DERRAMES O FUGAS</b>	
Medidas de emergencia	ELIMINAR TODA FUENTE DE IGNICION REPRESAR RECUPERAR LA MAYOR CANTIDAD POSIBLE (PUEDE SER POR ABSORCION CON MATERIALES INERTES O BIODEGRADABLES) USE EQUIPOS ANTICHISPAS
Equipo de protección personal	GUANTES. GAFAS. OVEROL
Precaución para evitar daño al ambiente	EVITE LA ENTRADA A CURSOS DE AGUA.
Métodos de limpieza	EL LIQUIDO QUE QUEDE ABSORBALO CON MATERIAL INERTE O CON MATERIALES BIODEGRADABLES Y LO ECHA EN ENVASES DE ACERO O POLIPROPILENO
Métodos de eliminación de desechos	DISPONGA ESTOS RESIDUOS SEGUN POLITICAS ESTABLECIDAS.
<b>SECCION 7: MANIPULACION Y ALMACENAMIENTO</b>	
Recomendaciones técnicas	NO USAR CERCA DE FUENTES DE CALOR O LLAMAS ABIERTAS.
Precauciones a tomar	NO EXPONER EL PRODUCTO CON SUSTANCIAS INCOMPATIBLES. NO PERFORE LOS ENVASES DESOCUPADOS NI LOS CORTE PORQUE PUEDE EXISTIR REMANENTE Y PUEDE INFLAMARSE O EXPLOSAR
Recomendaciones sobre manipulación	EVITE EL CONTACTO FISICO CON EL PRODUCTO Y PROVOCAR DERRAMES. NO INHALE LOS VAPORES. NO FUME MIENTRAS MANIPULE EL PRODUCTO
Condiciones de almacenamiento	ALMACENAR EN AMBIENTE SECO Y BIEN VENTILADO. LEJOS DE FUENTES DE IGNICION O CALOR. SEGREGAR DE SUSTANCIAS INCOMPATIBLES T° ALMACENAMIENTO < 38 °C.
Embalajes	PLASTICO DE ALTA DENSIDAD
<b>SECCION 8: CONTROL DE EXPOSICION / PROTECCION ESPECIAL</b>	
Medidas para reducir posible exposición	VENTILACIÓN LOCAL. EVITAR CONTACTO FISICO
Parámetros de control	NO APLICABLE.
Límite permisible ponderado (LPP) D.S. 594	SILICA AMORFA TRATADA (8 mg/m <sup>3</sup> ) DIÓXIDO DE TITANIO (8 mg/m <sup>3</sup> ) PARA EL PRODUCTO NO ESTA ESTABLECIDA
Límite permisible temporal (LPT) D.S. 594	SIN INFORMACION
Límite permisible absoluto (LPA) D.S. 594	NO APLICABLE
Límite peligro inmediato vidahazard (PIVSDLH) OSHA	NO DISPONIBLE
Protección respiratoria	NO SE REQUIERE
Guantes de protección	MATERIAL A CONSIDERAR GOMA. NEOPRENO O BUTILO.
Protección a la vista	GAFAS O LENTES DE SEGURIDAD
Otros equipos	ZAPATOS Y OVEROL ADECUADOS A LAS OPERACIONES.
Ventilación	GENERAL

<b>SECCION 9: PROPIEDADES FISICAS Y QUIMICAS</b>	
Estado fisico	LIQUIDO
Apariencia y olor	AZUL DE OLOR SUAVE
pH	NO APLICABLE
T° de descomposición	NO DISPONIBLE
Punto de inflamación	> 93 °C (TCC)
T° de autoignición	NO DISPONIBLE
Propiedades explosivas	LEL 2.6% UEL 12.5% (PARA EL PROPILENGLICOL)
Peligros de fuego o explosión	LOS VAPORES PUEDEN SER PRENDIDOS.
Presión de vapor	< 5 mm Hg (27 °C).
Densidad de vapor	NO DISPONIBLE
Densidad a 20°C	NO DISPONIBLE
Solubilidad en agua	LEVE
Punto de fusión	NO DISPONIBLE
Punto de ebullición	> 150 °C
Gravedad específica	1.05 °C (AGUA = 1)
Velocidad de propagación de la llama	NO DISPONIBLE
Tasa de evaporación	NO DISPONIBLE
Contenido de compuestos orgánicos volátiles	13.3 % (146 gr/Lt)
<b>SECCION 10: ESTABILIDAD Y REACTIVIDAD</b>	
Estabilidad	ESTABLE EN CONDICIONES NORMALES DE USO Y ALMACENAMIENTO
Condiciones que deben evitarse	ALTAS TEMPERATURAS CONTACTO CON MATERIALES INCOMPATIBLES. LLAMAS ABIERTAS
Incompatibilidad	OXIDANTES FUERTES (CLORATOS CLORO PEROXIDOS. ACIDOS. BASES. PERMANGANATOS. ETC).
Productos peligrosos de la descomposición	PRODUCTOS ORGANICOS IRRITANTES
Productos peligrosos de la combustión	OXIDOS DE CARBONO Y OTROS COMPUESTOS NO ESPECIFICADOS.
Polymerización peligrosa	NO OCURRE.
<b>SECCION 11: INFORMACION TOXICOLOGICA</b>	
Toxicidad aguda	Oral (LD50 RATAS) > 10 000 mg/kg. Dérmica (LD50 CONEJOS) > 5 000 mg/kg
Toxicidad crónica	NO SE ESPERAN PROBLEMAS POR EXPOSICION CRONICA
Efectos locales	IRRITACION SUAVE
Sensibilización alérgica	CAUSA REACCIONES ALERGICAS
Otra información	REALIZAR BUENAS PRACTICAS HIGIENICAS LUEGO DE USAR EL PRODUCTO EVITAR CONTACTO CON LA PIEL Y LOS OJOS.
<b>SECCION 12: INFORMACION ECOLOGICA</b>	
Estabilidad	ESTABLE
Persistencia / degradabilidad	SIN INFORMACION.
Bio-acumulación	SIN INFORMACION.
Efectos sobre el ambiente	NO SE ESPERAN EFECTOS NOCIVOS EN EL AMBIENTE.
<b>SECCION 13: CONSIDERACIONES SOBRE DISPOSICION FINAL</b>	
Método eliminación producto en residuos o envases	LOS RESIDUOS ABSORBIDOS PUEDEN INCINERARSE SEGUN REGULACIONES VIGENTES. TAMBIEN PUEDE SER LLEVADO A UNA PLANTA DE TRATAMIENTO AUTORIZADA PARA SU DISPOSICION



SECCION 14: INFORMACION SOBRE TRANSPORTE			
NCh 2190 OF93	CLASE 3 LIQUIDO COMBUSTIBLE		
Normas R y S	<b>R 36</b> IRRITA LOS OJOS <b>S 7</b> MANTENGASE EL RECIPIENTE BIEN CERRADO. <b>S 16</b> CONSERVAR ALEJADO DE FUENTES DE IGNICION		
N° NU.	NO APLICABLE		
N° IMO	NO REGULADO		
Embalaje/Envase	NO APLICABLE		
SECCION 15: NORMAS VIGENTES			
Normas internacionales aplicables	NO REGULADO		
Normas nacionales aplicables	D.S 594, D.S. 298 NCh 382 2190.		
Marca en etiqueta	NO APLICABLE		
SECCION 16: OTRAS INFORMACIONES			
CONFECCION	REVISION	PREVENCION RIESGOS	FECHA VIGENCIA
			28/10/2002
OBSERVACIONES			
<b>NOTA:</b> LA INFORMACION AQUI INDICADA ESTA ELABORADA DE FUENTES ORIGINARIAS MAS OTROS ANTECEDENTES CONFIABLES SIN EMBARGO SE ENTREGAN SIN GARANTIA EXPRESA O IMPLICITA RESPECTO DE SU EXACTITUD O CORRECCION. LAS OPINIONES EXPRESADAS EN ESTE FORMULARIO SON LAS DE PROFESIONALES CAPACITADOS LA INFORMACION QUE SE EXPRESA EN EL ES LA CONOCIDA ACTUALMENTE SOBRE LA MATERIA EL USUARIO DETERMINARA LAS CONDICIONES DE USO SEGURO DEL PRODUCTO			