

COMPARACIÓN DE PROPIEDADES TÉCNICAS BELZONA 5811 vs PROGUAR CN 200

Esta comparación técnica entre **Belzona 5811 Immersion Grade** y **PROGUARD CN 200** se realiza con el propósito de destacar las ventajas y beneficios de cada recubrimiento, basándose en las propiedades técnicas y parámetros de desempeño clave mostrados en las fichas técnicas de cada fabricante. A continuación, se detallan los aspectos más importantes de ambos productos, seguidos de una conclusión orientada a ingenieros de integridad mecánica, mantenimiento y control de corrosión.

Este análisis comparativo ha sido realizado utilizando un software avanzado de inteligencia artificial, en conjunto con un equipo técnico especializado en corrosión y recubrimientos industriales, para garantizar un estudio detallado y preciso. Los resultados proporcionan una evaluación exhaustiva de cada recubrimiento, enfocada en sus propiedades técnicas y en su desempeño bajo condiciones específicas de entornos industriales altamente exigentes como son las tuberías enterradas y los fondos internos en tanques de hidrocarburos.

1. COMPOSICIÓN Y RESISTENCIA QUÍMICA

Belzona 5811: Recubrimiento de dos componentes sin solventes, diseñado para proteger sustratos metálicos y no metálicos en inmersión, con resistencia química a una amplia gama de soluciones acuosas, validado bajo **ASTM E165, ASTM D4327 y ASTM E1479**.

PROGUARD CN 200: Recubrimiento bicomponente con partículas micro cerámicas en base de resina Novolac, ofreciendo resistencia a productos químicos en entornos agresivos con altas temperaturas de servicio.

Conclusión: **Belzona 5811** tiene una resistencia química validada por múltiples estándares ASTM, mientras que **PROGUARD CN 200 no especifica el alcance detallado de su resistencia química.**

2. ADHERENCIA: ESFUERZO DE CIZALLADURA Y ADHERENCIA POR TRACCIÓN

Belzona 5811:

- **Esfuerzo de cizalladura:** 19,9 MPa en acero al carbono (ASTM D1002).
- **Adherencia por tracción:** 33,1 MPa a 22°C durante 28 días (ASTM D4541 / ISO 4624).

PROGUARD CN 200:

- Esfuerzo de cizalladura: **no presenta información.**
- Adherencia por tracción: >27 MPa (ISO 4624), **sin especificar tipo de sustrato.**

Conclusión: Belzona 5811 proporciona datos más completos y detallados de adherencia tanto por cizalladura como por tracción, superando a **PROGUARD CN 200.**

⚠ IMPORTANTE: La resistencia a la tracción es clave en la selección de recubrimientos, ya que mide su capacidad para soportar fuerzas que intentan separar sustratos, asegurando la integridad de la unión bajo tensiones mecánicas. El método ASTM D1002 evalúa la adhesión en uniones metálicas bajo corte por tracción, simulando condiciones reales de cizallamiento.

Una alta resistencia a la tracción garantiza integridad estructural, durabilidad ante cargas mecánicas, prevención de fallos adhesivos, cumplimiento de normas de seguridad, y una adecuada selección de materiales para aplicaciones exigentes.

En resumen, es fundamental para mantener la adherencia, seguridad y rendimiento confiable en entornos industriales.

3. ANÁLISIS QUÍMICO

Belzona 5811: Analizado bajo **ASTM E165, ASTM D4327 y ASTM E1479**, con resultados detallados de halógenos y metales pesados.

ANALITO	CONCENTRACIÓN TOTAL (ppm)
Fluoruro	343
Cloruro	1973
Bromuro	No detectado <11
Azufre	12 747
Nitrito	3
Nitrato	5
Arsénico	No detectado <3
Antimonio	65,4
Bismuto	3,5
Cadmio, galio, indio, plomo, mercurio, plata, estaño, zinc	No detectado <3

PROGUARD CN 200: **Información no proporcionada.**

Conclusión: Belzona 5811 ofrece un análisis químico completo, mientras que **PROGUARD CN 200: no presenta información.**

⚠ IMPORTANTE: La **composición química** es crucial en la selección de recubrimientos porque ciertos elementos o impurezas, como los halógenos y metales de bajo punto de fusión, pueden inducir **corrosión** y otros efectos no deseados si se encuentran en niveles elevados. En sectores

altamente regulados, como la industria hidrocarburífera y nuclear, es fundamental que los recubrimientos cumplan con estrictas especificaciones químicas para evitar riesgos de corrosión y fallos en las aplicaciones.

A los recubrimientos industriales de alto desempeño se realizan pruebas exhaustivas de la composición química para garantizar que las impurezas, como los halógenos, azufre, nitratos y metales, se mantengan dentro de límites seguros, como los especificados en la norma GENE D50YP12, que establece niveles extremadamente bajos de estas sustancias. Estas pruebas incluyen técnicas avanzadas como la **cromatografía iónica** (CI) para cuantificar halógenos y azufre, y la **espectroscopia de emisión óptica de plasma acoplado inductivamente** (ICP-OES) para medir el contenido metálico.

Al controlar la composición química, se asegura la **longevidad y el desempeño** del recubrimiento, minimizando la corrosión y otros fallos potenciales en entornos exigentes, especialmente en aplicaciones críticas como la energía nuclear e hidrocarburos.

Este control no solo garantiza la **durabilidad y la seguridad** del recubrimiento, sino también el cumplimiento de **normas estrictas** requeridas en aplicaciones industriales críticas.

4. RESISTENCIA QUÍMICA

Belzona 5811: Excelente resistencia a una amplia gama de sustancias químicas.

PROGUARD CN 200: Resistencia excelente a ácidos y productos químicos, **sin especificar pruebas detalladas.**

Conclusión: **Belzona 5811** ofrece una validación técnica superior en cuanto a resistencia química.

⚠ IMPORTANTE: La resistencia química de los recubrimientos se evalúa mediante pruebas de inmersión según la norma *ISO 2812-1 Pinturas y barnices – Determinación de la resistencia a los líquidos – Parte 1: Inmersión en líquidos distintos del agua*, que mide la durabilidad de los recubrimientos en líquidos distintos del agua. En las pruebas, se utilizan varillas de acero recubiertas y curadas que se sumergen en productos químicos a diferentes temperaturas. Dependiendo del comportamiento del recubrimiento frente a los productos químicos, la temperatura y la duración de la exposición, se asigna una clasificación de resistencia química:

- **Deficiente:** Falla en menos de una semana.
- **Moderada:** Protección entre 1 y 12 semanas.
- **Buena:** Resistencia entre 12 y 52 semanas.
- **Excelente:** Resistencia superior a 52 semanas.

La **resistencia química** es fundamental en la selección de recubrimientos porque determina la capacidad del material para soportar la exposición a sustancias químicas agresivas sin degradarse o perder sus propiedades protectoras. En muchas industrias, los recubrimientos están expuestos a productos químicos como ácidos, álcalis, solventes o combustibles, que pueden provocar corrosión, hinchamiento, o deterioro del recubrimiento, afectando su capacidad de proteger el sustrato.

En resumen, seleccionar un recubrimiento con alta resistencia química asegura la protección adecuada del sustrato, reduce el riesgo de fallos prematuros, y mejora la seguridad y la rentabilidad del proceso industrial.

5. PROPIEDADES ANTE LOS ESFUERZOS DE COMPRESIÓN.

Belzona 5811 : 45,5 MPa (ASTM D695).

PROGUARD CN 200 : **No especifica valores de compresión.**

Conclusión: **Belzona 5811** proporciona valores claros de resistencia a la compresión, mientras que **PROGUARD CN 200 no proporciona esta información.**

⚠ IMPORTANTE: Las propiedades de compresión son esenciales en la selección de recubrimientos, ya que determinan la capacidad del material para soportar fuerzas de aplastamiento o compresión sin sufrir fallos estructurales. Este tipo de resistencia es particularmente relevante en aplicaciones donde los recubrimientos están expuestos a tensiones axiales y cargas pesadas, como en equipos industriales, componentes estructurales, o maquinaria que opera bajo condiciones extremas.

El ensayo estándar ASTM D695-15 mide la resistencia a la compresión de plásticos rígidos y semirrígidos. Este parámetro se calcula en base a la fuerza máxima soportada por una muestra y su área transversal, obteniendo un resultado en psi o MPa. La resistencia a la compresión indica cuánta tensión puede soportar el recubrimiento antes de fallar o deformarse de manera significativa, proporcionando una idea clara de su capacidad para mantener la integridad estructural bajo cargas intensas.

En resumen, conocer las propiedades de compresión de un recubrimiento es crucial para asegurar su capacidad de resistir fuerzas intensas, garantizando un rendimiento seguro y efectivo en aplicaciones donde las cargas de aplastamiento son frecuentes.

6. RESISTENCIA A LA CORROSIÓN: DESPRENDIMIENTO CATÓDICO

Belzona 5811: 9 mm de desprendimiento catódico (ASTM G8).

PROGUARD CN 200: **Información no proporcionada.**

Conclusión: **Belzona 5811** ofrece datos probados en pruebas de desprendimiento catódico, mientras que **PROGUARD CN 200 no presenta esta información.**

⚠ IMPORTANTE: El desprendimiento catódico es un factor crítico en la selección de recubrimientos, especialmente para aplicaciones que implican la protección de estructuras metálicas, como tuberías subterráneas, que están expuestas a ambientes corrosivos y protegidas mediante protección catódica. Este fenómeno ocurre cuando los potenciales eléctricos aplicados en el proceso de protección catódica provocan que el recubrimiento se despegue o se afloje, particularmente en áreas donde el recubrimiento tiene defectos o fallas.

DESPRENDIMIENTO CATÓDICO EN LA SELECCIÓN DE RECUBRIMIENTOS:

Protección contra la corrosión: El desprendimiento catódico compromete la eficacia del recubrimiento, exponiendo el sustrato metálico a ambientes corrosivos. Un recubrimiento con alta resistencia al desprendimiento catódico es crucial para asegurar la protección continua contra la corrosión, prolongando la vida útil de las estructuras recubiertas.

Evitar fallos prematuros: En aplicaciones subterráneas o marinas, donde las tuberías o estructuras están constantemente expuestas a humedad y sales, es esencial que el recubrimiento resista los efectos de la protección catódica. Si el recubrimiento falla, el metal subyacente queda vulnerable a la corrosión, lo que puede provocar fallos prematuros, costosos y peligrosos.

Resistencia en condiciones adversas: Las pruebas de desprendimiento catódico, como las descritas en los métodos ASTM G8 (a temperatura ambiente) y ASTM G42 (a temperaturas elevadas), permiten evaluar la capacidad del recubrimiento para resistir la separación en condiciones aceleradas y severas, como en ambientes salinos altamente conductivos. Esto simula escenarios extremos a los que puede estar sometido el recubrimiento en aplicaciones reales.

Minimizar el mantenimiento y los costos: Al seleccionar un recubrimiento con alta resistencia al desprendimiento catódico, se reduce la frecuencia de mantenimiento, reparaciones y reemplazos de las estructuras protegidas. Esto no solo asegura un mejor rendimiento a largo plazo, sino que también reduce costos operativos asociados con el mantenimiento.

Cumplimiento de normas de seguridad: En sectores como la energía, petroquímica y construcción de infraestructuras, cumplir con los estándares de resistencia al desprendimiento catódico es fundamental para garantizar la seguridad y el desempeño confiable de los recubrimientos en entornos críticos.

En resumen, la resistencia al desprendimiento catódico es vital para garantizar que el recubrimiento mantenga su integridad y protección a lo largo del tiempo, especialmente en condiciones donde se aplica protección catódica. Evaluar esta propiedad asegura que el recubrimiento seleccionado ofrezca protección duradera, evite fallas estructurales y minimice los costos de mantenimiento y reparación en aplicaciones industriales exigentes.

7. PROPIEDADES ELÉCTRICAS

Belzona 5811:

- **Rigidez dieléctrica** : 48,7 kV/mm (ASTM D149).
- **Constante dieléctrica** : 2,82 (ASTM D150).
- **Resistividad superficial** : $4,4 \times 10^9 \Omega$ (ASTM D257).

PROGUARD CN 200: Información no proporcionada.

Conclusión: Belzona 5811 proporciona un desempeño superior y pruebas detalladas de sus propiedades eléctricas.

⚠ IMPORTANTE: Las **propiedades eléctricas** de los recubrimientos son extremadamente importantes para la protección externa de tuberías enterradas que cuentan con un sistema de **protección catódica de corriente impresa**. En este tipo de aplicaciones, el recubrimiento actúa como la primera línea de defensa contra la corrosión y la fuga de corriente, y su efectividad depende en gran medida de sus características eléctricas. A continuación, cómo aplican las diferentes propiedades eléctricas en este contexto:

Resistividad (volumen y superficie): El recubrimiento debe tener una alta **resistividad** para evitar que la corriente fluya a través del material y se filtre al sustrato metálico de la tubería. Esto es crucial, ya que una baja resistividad permitiría que la corriente se escape, lo que disminuiría la eficacia del sistema de protección catódica y podría aumentar el riesgo de **corrosión** en la tubería.

Rigidez dieléctrica: La **rigidez dieléctrica** del recubrimiento es fundamental, ya que debe ser capaz de soportar el campo eléctrico generado por la protección catódica sin sufrir rupturas. Un recubrimiento con una alta rigidez dieléctrica puede resistir voltajes elevados sin romperse, protegiendo la tubería de la corrosión y los efectos del desprendimiento catódico.

Factor de disipación: Un bajo **factor de disipación** es beneficioso porque minimiza la pérdida de energía en forma de calor. En el caso de tuberías enterradas con protección catódica, un recubrimiento con un bajo factor de disipación asegura que el material no se degrade o debilite debido al calor generado por las corrientes eléctricas que pasan por el sistema.

Constante dieléctrica: Una baja **constante dieléctrica** es ideal en estas aplicaciones, ya que el recubrimiento debe evitar almacenar energía eléctrica y en su lugar actuar como un aislante eficiente. Esto es importante para mantener el **aislamiento** entre la tubería y el suelo circundante, evitando interferencias en el sistema de protección catódica.

En resumen, la protección externa de tuberías enterradas con **protección catódica de corriente impresa**, las propiedades eléctricas del recubrimiento determinan su eficacia para aislar la tubería del entorno corrosivo y garantizar el correcto funcionamiento del sistema de protección catódica. Un recubrimiento adecuado debe tener alta resistividad, alta rigidez dieléctrica, bajo factor de disipación y una constante dieléctrica baja para optimizar la protección de la tubería contra la corrosión y los efectos eléctricos del sistema de protección catódica.

8. FLEXIBILIDAD

Belzona 5811: Cumple con **NACE SP0394** para flexibilidad a bajas temperaturas (-18°C), sin grietas ni desprendimientos.

PROGUARD CN 200: "Buena flexibilidad", **sin pruebas detalladas**.

Conclusión: **Belzona 5811** ofrece pruebas técnicas validadas de su flexibilidad, superando a **PROGUARD CN 200**.

⚠ IMPORTANTE: La flexibilidad es una propiedad fundamental en la selección de recubrimientos, especialmente para aplicaciones en tuberías enterradas o expuestas a condiciones donde el

recubrimiento puede experimentar deformaciones, movimientos o cambios en su forma original. Es crucial que el recubrimiento mantenga su integridad sin agrietarse ni desprenderse, asegurando así una protección continua contra la corrosión y otros factores ambientales.

En resumen, la flexibilidad en un recubrimiento es clave para garantizar su durabilidad y capacidad de adaptación durante la instalación y el uso, especialmente en condiciones de campo donde las tuberías pueden ser dobladas o sometidas a movimientos. Un recubrimiento flexible puede soportar tensiones sin comprometer su integridad, lo que garantiza una protección continua contra la corrosión, minimiza el riesgo de fallos y mejora la vida útil de las instalaciones. Por ello, evaluar la flexibilidad en la selección de recubrimientos es crucial para asegurar un rendimiento confiable en aplicaciones industriales exigentes.

Fondos de Tanques: La flexibilidad es una propiedad importante también para los recubrimientos aplicados en la protección interna de tanques de crudo, particularmente en el fondo de estos tanques, donde el recubrimiento está sometido a condiciones mecánicas y químicas severas. Aunque la flexibilidad no es siempre el principal criterio para los recubrimientos en estas aplicaciones, sigue siendo relevante por varias razones:

Razones por las que la flexibilidad es importante en la protección interna del fondo de tanques de crudo:

Movimientos y asentamientos estructurales: Los tanques de almacenamiento de crudo, especialmente los de gran tamaño, pueden estar sujetos a movimientos debido a asentamientos del terreno o vibraciones causadas por la operación del tanque. Un recubrimiento interno flexible tiene mayor capacidad para absorber las tensiones generadas por estos movimientos sin agrietarse o desprenderse, lo que evita la exposición del metal subyacente a la corrosión.

Dilatación térmica: Los tanques de crudo pueden experimentar variaciones de temperatura significativas, ya sea por la temperatura del crudo almacenado o por las condiciones climáticas externas. Estas variaciones generan dilatación y contracción del metal del tanque, lo que puede someter al recubrimiento a tensiones. Un recubrimiento flexible puede adaptarse mejor a estos cambios sin perder su integridad.

Resistencia a los impactos: En el fondo de los tanques, es común la acumulación de sedimentos y residuos que pueden provocar impactos mecánicos o abrasión durante la operación de limpieza o mantenimiento. Un recubrimiento con buena flexibilidad puede resistir estos impactos y mantener su capacidad protectora sin agrietarse o desprenderse.

Protección contra la corrosión bajo tensión: Las condiciones químicas dentro de un tanque de crudo, combinadas con tensiones mecánicas, pueden generar corrosión bajo tensión. Un recubrimiento que combine flexibilidad con resistencia química puede ofrecer una mejor protección contra este tipo de corrosión, ya que será menos propenso a desarrollar fisuras o puntos débiles.

Condiciones dinámicas: El fondo de los tanques puede estar expuesto a condiciones dinámicas debido al movimiento de fluidos o productos químicos. Un recubrimiento flexible permite que el tanque maneje estos cambios de manera más eficiente, sin que se comprometa su rendimiento a lo largo del tiempo.

En resumen, si bien la resistencia química y la durabilidad son generalmente las principales preocupaciones para los recubrimientos internos de tanques de crudo, la flexibilidad también juega un papel importante en garantizar que el recubrimiento pueda resistir las tensiones mecánicas, movimientos y variaciones térmicas sin fallar. Por lo tanto, es relevante seleccionar un recubrimiento que combine resistencia química con la flexibilidad necesaria para soportar las condiciones específicas del tanque, asegurando una protección prolongada contra la corrosión y otros daños estructurales.

9. PROPIEDADES ANTE LOS ESFUERZOS DE FLEXIÓN

Belzona 5811:

- **Resistencia a la flexión:** 49,6 MPa a 28 días (ASTM D790).
- **Módulo de flexión:** 2,3 GPa.

PROGUARD CN 200: Información no proporcionada.

Conclusión: Belzona 5811 ofrece información completa sobre resistencia y módulo de flexión, mientras que PROGUARD CN 200 no proporciona datos.

⚠ IMPORTANTE: Las propiedades de flexión son cruciales en la selección de recubrimientos, ya que indican la capacidad del material para resistir tensiones bajo flexión, es decir, cuando se somete a fuerzas que lo doblan o deforman. En aplicaciones industriales, los recubrimientos a menudo experimentan condiciones donde estas fuerzas están presentes, y un recubrimiento que no pueda soportarlas adecuadamente puede fallar, lo que comprometería la protección que ofrece. Las pruebas estándar como la ASTM D790-17 se utilizan para evaluar estas propiedades en diferentes materiales, tanto reforzados como no reforzados.

APLICACIONES ESPECÍFICAS:

Tuberías y tanques: Los recubrimientos en estas aplicaciones están sujetos a tensiones mecánicas y flexiones debido a los movimientos del terreno o el contenido en su interior. La resistencia a la flexión asegura que el recubrimiento pueda manejar estas tensiones sin sufrir daños.

Componentes industriales: Equipos sometidos a vibraciones, movimientos repetitivos o cargas pesadas necesitan recubrimientos que puedan resistir el estrés mecánico, evitando fallos por flexión.

Ambientes de alta temperatura: En muchas aplicaciones industriales, los recubrimientos están expuestos a altas temperaturas. La prueba de resistencia a la flexión a temperaturas elevadas garantiza que el material mantenga su integridad estructural incluso en condiciones extremas.

En resumen, las propiedades de flexión son fundamentales para garantizar que un recubrimiento pueda resistir deformaciones, tensiones y movimientos mecánicos sin sufrir fallos estructurales. La resistencia a la flexión y el módulo de flexión proporcionan información clave sobre la capacidad del recubrimiento para proteger las superficies en aplicaciones industriales exigentes, asegurando su durabilidad, seguridad y eficiencia en el tiempo.

10. DUREZA

Belzona 5811:

- **Dureza Barcol:** 87, probada bajo ASTM D2583.
- **Péndulo Koenig:** 145 segundos, según ASTM D4366.
- **Shore D:** 85, conforme a ASTM D2240.

PROGUARD CN 200: Información no proporcionada.

Conclusión: Belzona 5811 presenta valores completos de dureza con pruebas detalladas.

⚠ IMPORTANTE: La dureza es una propiedad fundamental en la selección de recubrimientos, particularmente en aplicaciones críticas como las tuberías enterradas y los fondos internos de tanques de crudo, donde los recubrimientos están expuestos a condiciones extremas. La dureza mide la capacidad de un recubrimiento para resistir la indentación permanente, la abrasión y los impactos mecánicos, lo cual es clave para asegurar una protección duradera contra la corrosión y otros tipos de deterioro.

IMPORTANCIA DE LA DUREZA EN RECUBRIMIENTOS PARA TUBERÍAS ENTERRADAS:

Resistencia a la abrasión: Las tuberías enterradas están expuestas al contacto constante con partículas de tierra, rocas y otros materiales abrasivos. Un recubrimiento con alta dureza puede resistir este desgaste, asegurando que la superficie del metal esté protegida de daños físicos que podrían comprometer su integridad y exponerla a la corrosión.

Protección contra impactos: Durante la instalación y el uso de las tuberías, pueden ocurrir golpes o presiones mecánicas externas debido a movimientos del terreno o actividades cercanas. Un recubrimiento duro puede absorber estos impactos sin sufrir daños significativos, lo que es crucial para evitar grietas o desprendimientos que dejen el metal vulnerable.

Durabilidad a largo plazo: Las tuberías enterradas deben mantener su funcionalidad por largos periodos, y un recubrimiento con buena dureza contribuye a la longevidad de la protección. La resistencia a la indentación permanente garantiza que el recubrimiento no se deforme ni deteriore rápidamente bajo las condiciones del entorno subterráneo.

IMPORTANCIA DE LA DUREZA EN RECUBRIMIENTOS PARA FONDOS INTERNOS DE TANQUES DE CRUDO:

Resistencia a la acumulación de sedimentos: En los tanques de crudo, el fondo está en contacto continuo con sedimentos y otros residuos pesados que pueden ser abrasivos. Un recubrimiento duro puede resistir este desgaste y evitar que se generen daños por fricción, manteniendo la protección del fondo del tanque.

Protección contra corrosión: La resistencia a la indentación que ofrece un recubrimiento duro es crucial para evitar microfisuras o deformaciones que puedan exponer el metal subyacente a los

contenidos corrosivos del crudo. Cualquier daño en el recubrimiento podría comprometer la protección anticorrosiva, especialmente en zonas donde se acumulan los residuos más agresivos.

Soporte ante presiones mecánicas: El fondo de los tanques de crudo puede estar sometido a presiones mecánicas debido a los cambios en los niveles de llenado o al movimiento de los materiales dentro del tanque. Un recubrimiento con alta dureza resiste estas fuerzas sin sufrir deterioro, asegurando que la protección sea efectiva a lo largo del tiempo.

TIPOS DE PRUEBAS DE DUREZA Y SU RELEVANCIA:

Durómetro Shore (ASTM D2240-15e1): Esta prueba es clave para evaluar la dureza en elastómeros y plásticos termoendurecibles, que son comunes en recubrimientos para tuberías y tanques. La escala Shore D, en particular, se usa para medir la dureza de recubrimientos rígidos y resistentes a la indentación, lo que es esencial para resistir la abrasión y los impactos en ambas aplicaciones.

Impresión Barcol (ASTM D2583-13a): La prueba Barcol se utiliza para medir la dureza superficial de materiales rígidos como los recubrimientos de tanques. Esta prueba es importante porque la dureza superficial refleja la resistencia a los daños por contacto, lo que es crucial en entornos abrasivos como los fondos de los tanques de crudo.

Péndulo de König/Persoz (ISO 1522:2006): Esta prueba evalúa la resistencia del recubrimiento a la deformación permanente. Un recubrimiento más duro resistirá mejor las oscilaciones y vibraciones, lo que es importante tanto para las tuberías enterradas, que pueden estar sometidas a movimientos del suelo, como para los tanques, donde los movimientos de líquidos y sedimentos generan tensiones mecánicas.

En resumen, la dureza es una propiedad esencial para asegurar que los recubrimientos en tuberías enterradas y fondos de tanques de crudo puedan resistir las duras condiciones mecánicas y ambientales a las que están expuestos. Un recubrimiento con una dureza adecuada proporcionará protección contra la abrasión, los impactos y la presión, evitando fallos que puedan comprometer la integridad del sistema y prolongando la vida útil del equipo.

11. RESISTENCIA AL CALOR

Belzona 5811 :

- **Temperatura de transición vítrea (Tg) :** 45°C (ISO 11357-2).
- **Prueba de inmersión de pared fría y celda Atlas :** No muestra oxidación ni ampollas tras 6 meses en agua desionizada a 40°C (NACE TM 0174).
- **Resistencia a la inmersión:** Adecuado para inmersión continua en soluciones acuosas a temperaturas de hasta 50°C.
- **Inmersión en agua de mar:** Sin signos de degradación tras 6 meses de inmersión en agua de mar a 50°C (ISO 2812-2).
- **Resistencia al calor seco:** Resiste temperaturas de hasta 160°C en condiciones secas (ISO 11357).

PROGUARD CN 200 :

- **Resistencia al calor:** Estabilidad térmica hasta 150°C, **pero sin datos sobre transición vítrea, inmersión prolongada o resistencia en agua de mar.**

Conclusión: Belzona 5811 ofrece una mayor resistencia térmica y pruebas validadas en varias condiciones, superando a **PROGUARD CN 200** en todas las subcategorías.

⚠ IMPORTANTE: La resistencia al calor es una propiedad esencial en la selección de recubrimientos para tuberías enterradas y fondos internos de tanques de crudo, ya que estos sistemas a menudo están expuestos a altas temperaturas debido tanto a las condiciones operativas como al entorno. Un recubrimiento que no pueda soportar estas temperaturas podría deformarse, perder sus propiedades protectoras, o fallar estructuralmente, lo que expondría el sustrato metálico a la corrosión y otros tipos de deterioro. A continuación, la resistencia al calor en ambos escenarios:

RESISTENCIA AL CALOR EN TUBERÍAS ENTERRADAS:

Variaciones de temperatura del terreno y el fluido transportado: Las tuberías enterradas pueden estar expuestas a fluctuaciones térmicas significativas debido a la variabilidad del terreno y la temperatura del fluido transportado (como hidrocarburos). Si el recubrimiento no tiene la temperatura de distorsión por calor (HDT) adecuada, puede ablandarse o deformarse bajo estas condiciones, perdiendo su capacidad para proteger la tubería contra la corrosión y otros daños.

Soporte de cargas mecánicas a altas temperaturas: Durante su vida útil, las tuberías pueden estar sometidas a fuerzas mecánicas combinadas con altas temperaturas. Un recubrimiento que no tenga la resistencia al calor adecuada puede fallar bajo estas tensiones, lo que comprometería la integridad estructural de la tubería.

Prevención de la permeación y daño térmico: En las pruebas de resistencia a la inmersión, como la celda Atlas, los recubrimientos que están expuestos a vapor o líquido caliente pueden fallar si no tienen buena resistencia al calor. La permeación de agua y el daño térmico pueden causar la degradación del recubrimiento, lo que eventualmente permitiría la entrada de elementos corrosivos al metal.

RESISTENCIA AL CALOR EN FONDOS INTERNOS DE TANQUES DE CRUDO:

Exposición continua a productos a alta temperatura: Los tanques de almacenamiento de crudo suelen contener fluidos a temperaturas elevadas, especialmente cuando el crudo se bombea o manipula en climas cálidos o se calienta para mejorar el flujo. Un recubrimiento con alta temperatura de transición vítrea (Tg) y temperatura de distorsión por calor es crucial para evitar que el material se ablande, se deforme o pierda su resistencia química, lo que podría llevar a la exposición del metal a la corrosión.

Condiciones agresivas de inmersión y vapor: El fondo de los tanques de crudo está expuesto no solo a los líquidos agresivos, sino también al vapor caliente que puede acelerar el deterioro del recubrimiento si este no tiene una resistencia térmica adecuada. Un recubrimiento resistente al calor garantiza que no se formen ampollas, grietas o delaminación, lo que es crucial para mantener la integridad del tanque.

Evitar la delaminación y fallos estructurales: A temperaturas elevadas, los recubrimientos que no tienen buena resistencia al calor pueden sufrir delaminación o separación del sustrato, exponiendo las superficies del tanque al crudo y sus componentes corrosivos. Esto puede resultar en una falla catastrófica del sistema de protección, lo que podría requerir costosas reparaciones y tiempos de inactividad.

PRUEBAS DE RESISTENCIA AL CALOR:

Temperatura de distorsión por calor (HDT) – ASTM D648: Esta prueba evalúa a qué temperatura un material comienza a deformarse bajo carga. Es crucial para asegurar que el recubrimiento en tuberías y tanques mantenga su estructura a altas temperaturas sin perder su capacidad de protección.

Temperatura de transición vítrea (Tg) – ISO 11357: La Tg es la temperatura a la que un polímero pasa de un estado vítreo a uno gomoso. Un recubrimiento con una Tg alta podrá resistir temperaturas elevadas sin ablandarse, lo que es esencial para aplicaciones en contacto con crudo caliente o vapor en tanques.

Prueba de inmersión en celda Atlas – NACE TM0174: Evalúa la resistencia a la inmersión en líquido y vapor a altas temperaturas. La capacidad de un recubrimiento para resistir estas condiciones durante largos periodos es crucial para asegurar una protección confiable en los fondos de tanques de crudo.

En resumen, la resistencia al calor es crucial para garantizar que los recubrimientos aplicados en tuberías enterradas y fondos de tanques de crudo puedan mantener su integridad estructural y proteger contra la corrosión en condiciones de alta temperatura. Un recubrimiento que no tenga una adecuada resistencia térmica puede deformarse, delaminarse o perder su efectividad, lo que podría resultar en fallos del sistema y costosos tiempos de inactividad. Las pruebas de HDT, Tg y resistencia a la inmersión son herramientas clave para seleccionar el recubrimiento adecuado que soporte las exigencias térmicas de estas aplicaciones.

12. RESISTENCIA AL IMPACTO

Belzona 5811: Péndulo Izod : 7,8 kJ/m² a 22°C durante 7 días (ASTM D256).

PROGUARD CN 200: **Información no proporcionada.**

Conclusión: **Belzona 5811** presenta resultados probados de resistencia al impacto, mientras que **PROGUARD CN 200 no ofrece esta información.**

⚠ IMPORTANTE: La resistencia al impacto es crucial en la selección de recubrimientos para tuberías enterradas y fondos internos de tanques de crudo, ya que ambos entornos están expuestos a condiciones donde los golpes, las fuerzas mecánicas y las deformaciones rápidas pueden ocurrir con frecuencia. La capacidad del recubrimiento para absorber y resistir estos impactos sin fallar es esencial para garantizar la durabilidad y protección del sustrato contra la corrosión y otros daños.

RESISTENCIA AL IMPACTO EN TUBERÍAS ENTERRADAS:

Protección frente a golpes y movimientos del terreno: Las tuberías enterradas a menudo están sujetas a golpes mecánicos, ya sea durante la instalación o debido a movimientos del terreno, rocas y otras partículas que ejercen presión en la superficie. Un recubrimiento con buena resistencia al impacto puede absorber estas fuerzas sin agrietarse o desprenderse, lo que garantiza la protección continua del metal contra la corrosión.

Resistencia a la abrasión por materiales en el suelo: Los recubrimientos en tuberías enterradas también están en contacto constante con materiales abrasivos, como rocas y sedimentos, que pueden causar daño físico a la superficie. Un recubrimiento con alta tenacidad al impacto, medido por pruebas como el péndulo de impacto Izod, puede resistir estos efectos y mantener la integridad del recubrimiento.

Prevención de la propagación de grietas: En situaciones donde se produce una fractura o defecto en el recubrimiento debido a un impacto, un recubrimiento con buena resistencia a la propagación de grietas puede evitar que el daño se expanda. Esto es importante para evitar que pequeños defectos crezcan y comprometan la protección anticorrosiva del recubrimiento.

RESISTENCIA AL IMPACTO EN FONDOS INTERNOS DE TANQUES DE CRUDO:

Resistencia a la sedimentación y acumulación de sólidos: Los fondos de los tanques de crudo suelen acumular sedimentos pesados que pueden causar impactos y deformaciones al entrar en contacto con el recubrimiento. Un recubrimiento que no tenga la resistencia al impacto adecuada podría agrietarse, lo que permitiría que los elementos corrosivos del crudo dañen el metal subyacente.

Absorción de impactos por manipulación de crudo: Durante la operación de los tanques, el crudo puede generar movimientos y choques en el fondo del tanque, especialmente durante los procesos de llenado o extracción. Un recubrimiento con buena resistencia al impacto puede absorber estas fuerzas sin sufrir deterioros significativos, lo que prolonga la vida útil del tanque.

Prevención de la corrosión bajo impacto: Si un recubrimiento en el fondo de un tanque de crudo se daña por un impacto, el metal subyacente puede quedar expuesto a la corrosión. Un recubrimiento resistente a los impactos evita que se produzcan estos daños y que el crudo, que contiene compuestos corrosivos, entre en contacto directo con el metal.

PRUEBAS DE RESISTENCIA AL IMPACTO:

Péndulo de impacto Izod (ASTM D256): Esta prueba mide la cantidad de energía que un recubrimiento puede absorber antes de fracturarse. Es crucial para evaluar la tenacidad de los recubrimientos, especialmente en entornos donde están expuestos a impactos directos o golpes mecánicos. Se puede realizar con muestras con y sin muescas para simular defectos en el material y medir la resistencia a la propagación de grietas.

Impacto de caída de peso (ASTM D2794): Este método mide la resistencia del recubrimiento frente a deformaciones rápidas causadas por el impacto de una carga que cae. Es útil especialmente para

evaluar recubrimientos en sustratos fácilmente deformables, como los metales de las tuberías o tanques de crudo, y puede determinar si el recubrimiento puede resistir grietas o desprendimientos debido a estos impactos.

En resumen, la resistencia al impacto es una propiedad esencial para garantizar la durabilidad y eficacia de los recubrimientos en tuberías enterradas y fondos internos de tanques de crudo. Los recubrimientos que no tienen una buena resistencia al impacto pueden agrietarse, desprenderse o propagarse las grietas, lo que expondría el metal a la corrosión y otros daños. Las pruebas como el péndulo de impacto Izod y el impacto de caída de peso ayudan a seleccionar recubrimientos que puedan absorber impactos y resistir fuerzas mecánicas, asegurando una protección confiable en entornos industriales exigentes.

13. PROPIEDADES ANTE ESFUERZOS DE CIZALLADURA

Belzona 5811: 18,3 MPa a 22 °C (ASTM D5379).

PROGUARD CN 200: Información no proporcionada.

Conclusión: Belzona 5811 ofrece una mayor resistencia a los esfuerzos de cizalladura.

⚠ IMPORTANTE: Las **propiedades ante esfuerzos de cizalladura** son fundamentales en la selección de recubrimientos para **tuberías enterradas y fondos internos de tanques de crudo** debido a las tensiones mecánicas a las que estos sistemas están expuestos. El cizallamiento se refiere a la deformación que ocurre cuando las capas internas de un material se deslizan entre sí como resultado de fuerzas aplicadas paralelamente a la superficie. En aplicaciones industriales como las tuberías y tanques, esta resistencia es clave para mantener la integridad del recubrimiento y la protección anticorrosiva.

RESISTENCIA A LA CIZALLADURA EN TUBERÍAS ENTERRADAS:

Movimiento del terreno y presiones externas: Las tuberías enterradas están sujetas a movimientos del terreno, asentamientos o vibraciones causadas por actividades cercanas, lo que genera **tensiones de cizalladura** en el recubrimiento. Si el recubrimiento no tiene suficiente resistencia al cizallamiento, puede desgarrarse o deformarse, dejando la tubería expuesta a la corrosión.

Interacciones con el suelo: Las tuberías también pueden sufrir fricción con el suelo o materiales rocosos que aplican fuerzas cortantes al recubrimiento. Un recubrimiento con buena resistencia a la cizalladura puede resistir estos efectos sin sufrir daños estructurales.

Protección en puntos críticos: Áreas como uniones y curvas de tuberías son particularmente vulnerables a los esfuerzos de cizalladura debido a las tensiones concentradas. Un recubrimiento que soporte estas fuerzas garantiza la **protección continua** contra el deterioro y la corrosión.

RESISTENCIA A LA CIZALLADURA EN FONDOS INTERNOS DE TANQUES DE CRUDO:

Acumulación de sedimentos y cargas dinámicas: Los fondos de los tanques de crudo están expuestos a la acumulación de sedimentos, que pueden generar tensiones de cizalladura en el recubrimiento debido a su peso y movimiento. Un recubrimiento con buena resistencia a estos esfuerzos evita que se generen grietas o desprendimientos.

Resistencia a la deformación por temperatura y fluidos: Los tanques de crudo a menudo están expuestos a fluctuaciones de temperatura y fuerzas de cizallamiento por el movimiento de los líquidos. Si el recubrimiento se deforma bajo estas tensiones, el crudo puede penetrar y provocar **corrosión interna** en el tanque.

Protección contra la corrosión en condiciones de cizalladura: Los recubrimientos que no resisten adecuadamente los esfuerzos de cizalladura pueden desarrollar grietas o fracturas, exponiendo el metal a elementos corrosivos, lo que podría acelerar el deterioro del tanque.

PRUEBAS DE CIZALLADURA:

Prueba de cizallamiento (ASTM D5379/D5379M): Esta prueba mide la capacidad de los recubrimientos compuestos para resistir tensiones de cizalladura. Evalúe la **resistencia máxima al corte**, el **módulo de elasticidad al corte** y la **deformación máxima** que el material puede soportar antes de fallar. Es fundamental para evaluar el comportamiento del recubrimiento bajo condiciones de cizallamiento en tuberías y tanques.

Ensayos mecánicos en diferentes condiciones de carga: Estas pruebas simulan las tensiones a las que los recubrimientos se enfrentan en situaciones reales de operación, lo que permite asegurar que el material seleccionado mantendrá su integridad ante las **cargas mecánicas complejas** presentes en estos sistemas industriales.

En resumen, la **resistencia ante esfuerzos de cizalladura** es clave para asegurar que los recubrimientos en tuberías enterradas y tanques de crudo puedan soportar las tensiones mecánicas a las que están expuestas sin sufrir fallos. Un recubrimiento con buena resistencia a la cizalladura mantiene la integridad estructural, evita la exposición del sustrato a condiciones corrosivas y garantiza una **protección duradera** frente a los factores ambientales y operacionales en estas aplicaciones críticas.

14. PROPIEDADES ANTE ESFUERZOS DE TRACCIÓN

Belzona 5811: 25,7 MPa a 22 °C (ASTM D638).

PROGUARD CN 200: Información no proporcionada.

Conclusión: Belzona 5811 ofrece datos completos de resistencia a la tracción.

⚠ IMPORTANTE: La **resistencia a la tracción** es una propiedad crucial en la selección de recubrimientos para **tuberías enterradas** y **fondos internos de tanques de crudo** porque determina la capacidad del recubrimiento para soportar fuerzas mecánicas que intentan separarlo del sustrato. La resistencia a la tracción es clave para garantizar que el recubrimiento mantenga su integridad y no se desprege o caiga bajo condiciones operativas exigentes.

RESISTENCIA A LA TRACCIÓN EN TUBERÍAS ENTERRADAS :

Resistencia a las tensiones del terreno y movimientos del suelo: Las tuberías enterradas están constantemente sometidas a **presiones mecánicas** y tensiones del suelo, ya sea por asentamientos, compactación o vibraciones. Un recubrimiento con baja resistencia a la tracción puede sufrir desprendimientos o fallos en zonas donde estas tensiones son más altas, dejando la tubería expuesta a la corrosión.

Durabilidad en condiciones adversas: En aplicaciones subterráneas, los recubrimientos están expuestos a la humedad, sustancias químicas y cambios de temperatura. Un recubrimiento con buena **resistencia a la tracción** asegura que las capas del material permanecerán adheridas firmemente al sustrato incluso bajo cambios extremos, protegiendo la tubería durante más tiempo.

Protección de áreas críticas: Las zonas más vulnerables, como las uniones de las tuberías, las curvas o las áreas donde se producen puntos de conexión, están sujetas a **tensiones concentradas**. Un recubrimiento que resiste bien estas fuerzas garantiza la protección continua del metal, evitando la exposición a elementos corrosivos.

RESISTENCIA A LA TRACCIÓN EN FONDOS INTERNOS DE TANQUES DE CRUDO:

Soporte ante fuerzas dinámicas del crudo: Los fondos de los tanques de crudo están sometidos a **presiones dinámicas** debido al peso del líquido y los movimientos del crudo durante la carga y descarga. Un recubrimiento con alta resistencia a la tracción puede resistir la separación del sustrato metálico, evitando que el crudo corra el fondo del tanque.

Resistencia al impacto de sedimentos: En los tanques de crudo, los sedimentos y residuos pesados se acumulan en el fondo, generando **impactos y presiones** sobre el recubrimiento. La capacidad de soportar estos impactos sin desprenderse es crucial para mantener la integridad del recubrimiento. La **resistencia a la tracción** evita que se produzcan fallas en la adhesión entre el recubrimiento y el metal subyacente.

Prevención de la corrosión bajo tensiones: Si un recubrimiento no tiene suficiente resistencia a la tracción, las tensiones pueden provocar la separación del recubrimiento, exponiendo el metal a la corrosión. Esto es especialmente peligroso en tanques que contienen productos corrosivos como el crudo, ya que una falla en el recubrimiento puede resultar en **daños estructurales graves** .

PRUEBAS DE RESISTENCIA A LA TRACCIÓN:

Prueba de adhesión por tracción y corte (ASTM D1002-10): Esta prueba evalúa la **resistencia del recubrimiento a la tracción** en sustratos rígidos como el metal. Se aplica una carga de tracción hasta que el recubrimiento se rompe o se separa, lo que permite medir la fuerza máxima que puede soportar antes de fallar. Esta prueba es esencial para asegurar que el recubrimiento pueda soportar las condiciones mecánicas a las que estarán expuestas.

Determinación del modo de falla (adhesiva o cohesiva): Además de medir la fuerza de tracción, es importante entender si la falla se debe a una separación entre el recubrimiento y el sustrato (**fallo adhesivo**) o dentro del propio recubrimiento (**fallo cohesivo**). Esto ayuda a identificar debilidades en el diseño del recubrimiento o en el proceso de aplicación.

En resumen, la **resistencia a la tracción** es fundamental para garantizar que los recubrimientos en tuberías enterradas y fondos de tanques de crudo puedan soportar las tensiones mecánicas y las condiciones ambientales extremas a las que están expuestas. Un recubrimiento con buena resistencia a la tracción se mantendrá adherido al sustrato, evitando fallos que podrían comprometer la protección anticorrosiva y la integridad del sistema. Las pruebas como la de **adherencia por tracción y corte** son herramientas clave para evaluar y seleccionar recubrimientos que proporcionarán la protección necesaria duradera en estas aplicaciones críticas.

15. CERTIFICACIONES

Belzona 5811: Certificación de tipo otorgada por el **American Bureau of Shipping (ABS)** .

PROGUARD CN 200: **Información no proporcionada.**

Conclusión: **Belzona 5811** tiene una certificación reconocida, lo que lo convierte en la mejor opción para aplicaciones industriales críticas.

16. CADUCIDAD

Belzona 5811: Vida útil de **5 años** en envase original sin abrir, almacenado entre 5°C y 30°C.

PROGUARD CN 200: Vida útil de **2 años** en envase original sin abrir, almacenado en condiciones secas a temperaturas inferiores a 35°C.

Conclusión: **Belzona 5811** ofrece una mayor caducidad (5 años), lo que proporciona mayor seguridad en el servicio, flexibilidad para el almacenamiento, planificación de proyectos y rentabilidad económica.

⚠ IMPORTANTE: La elección de recubrimientos aptos para el servicio es un proceso que comienza cuando se proporciona a los propietarios de los activos datos de calificación demostrables de los productos disponibles y su capacidad para funcionar en el entorno operativo de sus equipos. Esto incluye los resultados de los rigurosos regímenes de prueba a los que se someten los recubrimientos para garantizar que cumplan con los niveles de rendimiento requeridos para una aplicación y un servicio exitosos. Para garantizar que un **recubrimiento** se fabrica según los estándares requeridos, se realizan una serie de pruebas de control de calidad en todos los procesos de producción. Estas pruebas pueden realizarse en las materias primas que se reciben antes de la producción, en un material que se encuentra en la mitad del proceso de producción y cuando un producto está completamente fabricado. La calidad es un rasgo que debe estar arraigado en todos los procesos y procedimientos.

Los fabricantes de recubrimientos logran la estandarización de las materias primas mediante el establecimiento de especificaciones durante el desarrollo del producto. Estas son clave para los

niveles de calidad que se espera, ya que cada materia prima tiene un conjunto específico de parámetros que se prueban para determinar si es adecuada para el propósito. La prueba de estos parámetros varía según el tipo de material, incluido el análisis del contenido de humedad, el pH, la densidad, el tamaño y la distribución de las partículas, la viscosidad y el índice de refracción. Además, se prueba el comportamiento de algunos materiales críticos evaluándose en formulaciones de productos terminados, observando la velocidad de las reacciones exotérmicas, las propiedades de tracción, la resistencia a la corrosión y temperatura del producto final. La vida útil de un recubrimiento está influenciada por diversos factores técnicos y comerciales. Al comparar un recubrimiento con 5 años de vida útil frente a uno de 1 o 2 años, se deben considerar las siguientes variables:

1. RESISTENCIA A LA CORROSIÓN

Recubrimiento de 5 años: Estos recubrimientos suelen estar diseñados para ambientes agresivos como atmósferas marinas, industriales o de alta salinidad. Incorporan tecnologías avanzadas, como inhibidores de corrosión activos (por ejemplo, pigmentos inhibidores de corrosión), resinas de alto desempeño y desarrollo o poliuretánicas de alta resistencia. La formulación de estos recubrimientos es tal que, además de formar una barrera física, también ofrece mecanismos adicionales de protección, como la **protección catódica**.

Recubrimiento de 1-2 años: Los recubrimientos de vida útil corta suelen estar formulados para ofrecer protección adecuada en condiciones menos severas. Dependen más de la barrera física que crean para proteger el sustrato, en lugar de mecanismos adicionales como inhibidores de corrosión avanzados. En ambientes agresivos, su capacidad para resistir la penetración de humedad y oxígeno es limitada, por lo que se degradan más rápidamente.

2. CALIDAD DE LOS MATERIALES

Recubrimiento de 5 años: La calidad de los componentes es superior. Por ejemplo, en recubrimientos de alta durabilidad, se utilizan resinas más resistentes que ofrecen una excelente resistencia química, mecánica y ambiental. Estos materiales están formulados para resistir factores como ataque químico severo, temperatura, rayos UV, la intemperie y la abrasión. Los pigmentos utilizados en estos recubrimientos son generalmente más estables y ofrecen mejor protección UV y resistencia a la degradación química.

Recubrimiento de 1-2 años: Utilizan resinas menos costosas, como acrílicos monocomponentes o alquídicos, que no tienen la misma resistencia a resinas más desarrolladas. Estas resinas tienen una menor resistencia química y tienden a deteriorarse más rápidamente en ambientes expuestos a la luz solar, humedad constante, temperatura y la inmersión química. Los pigmentos pueden no ofrecer la misma estabilidad frente a la radiación UV, lo que conduce a un mayor deterioro del recubrimiento.

3. CONDICIONES DE SERVICIO

Recubrimiento de 5 años: Diseñado para resistir ambientes agresivos, con alta humedad, inmersión permanente, exposición constante a productos químicos o cambios extremos de temperatura. Estos recubrimientos están formulados para mantener sus propiedades en contacto con agua, productos petroquímicos, o incluso en instalaciones sumergidas, como plataformas offshore o estructuras marinas.

Recubrimiento de 1-2 años: Adecuado para ambientes menos exigentes, estos recubrimientos no están diseñados para resistir condiciones severas a largo tiempo y su deterioro será mucho más rápido en ambientes corrosivos.

4. MANTENIMIENTO

Recubrimiento de 5 años: Uno de los principales beneficios es la reducción en la frecuencia del mantenimiento. Estos recubrimientos están diseñados para mantener sus propiedades protectoras por un tiempo prolongado sin la necesidad de intervenciones frecuentes, lo que reduce los costos a largo plazo.

Recubrimiento de 1-2 años: Requiere un mantenimiento más frecuente. La película del recubrimiento puede desgastarse o perder sus propiedades de protección rápidamente, especialmente si se expone en ambientes agresivos.

FACTORES ECONÓMICOS

1. COSTOS INICIALES

Recubrimiento de 5 años: Los costos iniciales son más altos debido a la calidad de los materiales, materias primas y la tecnología especializada requerida.

Recubrimiento de 1-2 años: Los costos iniciales suelen ser menores, lo que puede hacerlo atractivo en aplicaciones temporales o proyectos con presupuestos ajustados. Sin embargo, el costo a largo plazo puede ser más alto debido a la necesidad de mantenimiento frecuente o reparaciones.

2. RETORNO SOBRE LA INVERSIÓN (ROI)

Recubrimiento de 5 años: A pesar del mayor costo inicial, el retorno sobre la inversión es favorable a largo plazo, ya que se reduce la necesidad de mantenimiento y el riesgo de fallos prematuros. Esto es especialmente relevante en infraestructuras críticas, donde los costos de reparación y mantenimiento son elevados.

Recubrimiento de 1-2 años: Aunque los costos iniciales son menores, el ROI puede verse afectado negativamente debido a la necesidad de repintado o mantenimiento en períodos más cortos. Esto es especialmente significativo en proyectos donde la interrupción del servicio o el tiempo de inactividad es costoso.

3. IMPACTO EN EL CICLO DE VIDA DEL PRODUCTO

Recubrimiento de 5 años: La extensión de la vida útil del recubrimiento disminuye los costos de mantenimiento y reemplazo, prolongando la vida útil del sustrato y minimizando interrupciones.

Recubrimiento de 1-2 años: La vida útil más corta del recubrimiento significa que habrá que interrumpir el servicio más frecuentemente para repintado o reparación, lo que afecta el ciclo de vida del producto protegido.

4. CUMPLIMIENTO DE NORMAS

Recubrimiento de 5 años: Cumple con normativas más estrictas, tanto en lo referente a durabilidad como en términos ambientales. Las certificaciones pueden incluir estándares internacionales (por ejemplo, NACE, ISO, SSPC, ASTM, ISO, UK) que garantizan su idoneidad para entornos críticos.

Recubrimiento de 1-2 años: Puede no cumplir con normativas estrictas o estar orientado a aplicaciones menos exigentes. Podría no ser adecuado para ciertos sectores que requieren recubrimientos certificados, como industrias petroquímicas o alimentarias.

En resumen, la elección entre un recubrimiento de 5 años y uno de 1-2 años depende en gran medida de los **requisitos técnicos del proyecto** y las **consideraciones comerciales a largo plazo**. Los recubrimientos de vida útil más prolongada ofrecen mejores propiedades protectoras, reducen los costos de mantenimiento y son más adecuados para condiciones críticas.

CONCLUSIÓN REFERENTE A PROPIEDADES TÉCNICAS

En resumen, **Belzona 5811** destaca como una solución técnica superior en todas las categorías analizadas, ofreciendo un rendimiento **demostrado** en condiciones extremas de inmersión, calor y esfuerzo mecánico, **con resultados validados bajo normas ASTM e ISO**. Su versatilidad y resistencia comprobada la posicionan como la opción ideal para aplicaciones industriales críticas, desde protección anticorrosiva hasta entornos de alta temperatura y estrés mecánico.

Por otro lado, **PROGUARD CN 200** ofrece buenas prestaciones generales, pero carece de especificaciones técnicas detalladas y validadas en varias áreas clave, lo que limita su aplicabilidad en proyectos de alta demanda industrial.

Para aplicaciones donde la confiabilidad y el desempeño a largo plazo son fundamentales, **Belzona 5811** se posiciona como la opción más robusta y comprobada.

Es importante resaltar que estos dos productos NO son equivalentes. Para ser considerados como tales, deberían tener un desarrollo tecnológico similar, así como beneficios y datos técnicos comparables. Sin embargo, la comparación técnica muestra que **Belzona 5811** supera a **PROGUARD CN 200** en términos de resistencia mecánica, térmica y a la corrosión, lo que refuerza su idoneidad para aplicaciones más exigentes.

Belzona 5811 no solo cumple con los estándares industriales, sino que excede las expectativas al proporcionar un producto confiable y duradero, asegurando la integridad operativa a largo plazo y minimizando los costos asociados al mantenimiento no planificado.

COMPARACIÓN EN LA APLICACIÓN

BELZONA 5811 vs PROGUAR CN 200

Esta comparación técnica entre **Belzona 5811 Immersion Grade** y **PROGUARD CN 200** de se realiza con el propósito de destacar las ventajas y beneficios de cada recubrimiento, basándose en las propiedades técnicas y parámetros de desempeño clave mostrados en las fichas técnicas de cada fabricante. A continuación, se detallan los aspectos más importantes de ambos productos, seguidos de una conclusión orientada a ingenieros de integridad mecánica, mantenimiento y control de corrosión.

1. PARA ASEGURAR UNA SOLDADURA MOLECULAR EFICAZ

Belzona 5811: Requiere limpieza con granallado según la norma **ISO 8501-1 Sa 2½** (SSPC-SP10) para asegurar una unión óptima. También se recomienda el uso de limpiadores desengrasantes como Belzona 9111 o MEK.

Para la aplicación sobre superficies metálicas contaminadas con sales (cloruros y sulfatos), tolera hasta 30 mg/m² de contaminantes, siguiendo procesos de lavado y granallado. Las superficies de concreto deben estar limpias, secas y con menos de 6% de humedad, con preparación mecánica para asegurar una buena adherencia.

Normas aplicables:

ISO 8501-1: Limpieza con granallado.

SSPC-SP10: Estándar estadounidense para limpieza con abrasivo.

Valor técnico: Perfil de rugosidad mínimo de 75 micrones.

PROGUARD CN 200: Requiere limpieza a chorro nivel **Sa 2½** conforme a **ISO 8501-1** o **SSPC-SP10**, con rugosidad de 75-100 micrones. **No proporciona detalles específicos de normas ni parámetros para la preparación de superficies de concreto ni contaminación por sales.**

Conclusión: Ambos productos cumplen con los mismos estándares de preparación para superficies metálicas, pero **Belzona 5811** ofrece más detalles y recomendaciones para superficies contaminadas con sal y hormigón.

2. COMBINACIÓN DE LOS COMPONENTES REACTIVOS

Belzona 5811: Se recomienda una proporción de mezcla de **3:1 en volumen** y asegura una mezcla homogénea. Para temperaturas por debajo de 10°C, los componentes deben calentarse a 20-25°C.

Norma aplicable: ISO 9001 para control de calidad en la mezcla.

Valor técnico: Proporción de mezcla 3:1.

PROGUARD CN 200: Mezcla en proporción **6,1:1 en volumen**. Se recomienda agitar a >100 rpm, pero **no especifica medidas para temperaturas bajas**.

Conclusión: **Belzona 5811** ofrece un rango de mezcla más fácil y práctico, instrucciones más detalladas sobre la combinación de componentes y cómo proceder en condiciones de baja temperatura, lo que mejora su facilidad de uso.

3. MEZCLADO A BAJAS TEMPERATURAS

Belzona 5811: Puede mezclarse a bajas temperaturas calentando los recipientes para alcanzar 20-25°C. Ideal para ambientes fríos.

Norma aplicable: ISO 12944-5 .

Valor técnico: Mezcla facilitada a temperaturas por debajo de 10°C.

PROGUARD CN 200: Se recomienda una temperatura mínima de 20°C para la mezcla y aplicación, sin especificar medidas para bajas temperaturas.

Conclusión: **Belzona 5811** es más versátil, ya que permite el mezclado en bajas temperaturas, mientras que **PROGUARD CN 200 no detalla esta posibilidad**.

4. VIDA ÚTIL DE LA MEZCLA

Belzona 5811: La vida útil varía según la temperatura: 2,5 horas a 10°C, 1,75 horas a 20°C y 1 hora a 30°C.

Norma aplicable: ASTM F326 – Evaluación de la vida útil de mezclas.

Valor técnico: Hasta 2,5 horas de vida útil.

PROGUARD CN 200: Vida útil de 30 minutos a 20°C, reduciéndose a 10 minutos a 40°C.

Conclusión: **Belzona 5811** ofrece una vida útil considerablemente mayor, lo que facilita su aplicación en entornos más amplios y con menos desperdicio de material.

5. MEZCLADO DE PEQUEÑAS CANTIDADES

Belzona 5811: Proporciona instrucciones claras para mezclar pequeñas cantidades en una proporción de **3:1 en volumen o 5:1 en peso**.

Norma aplicable: ISO 9001.

PROGUARD CN 200: **No menciona detalles específicos sobre la mezcla de pequeñas cantidades.**

Conclusión: **Belzona 5811** es más flexible para aplicaciones en cantidades pequeñas, lo que puede ser útil en trabajos de reparación o ajustes menores.

6. APLICACIÓN

Belzona 5811: Se aplica mediante brocha, rodillo o pulverizador, siguiendo condiciones climáticas óptimas (temperatura mínima de 7°C y humedad relativa por debajo del 90%).

Norma aplicable: NACE SP0394 – Aplicación de recubrimientos.

PROGUARD CN 200: Aplicación mediante pulverizador sin aire o brocha, siguiendo condiciones climáticas óptimas (temperatura mínima de 10°C y humedad relativa por debajo del 85%).

Conclusión: Ambos productos ofrecen opciones de aplicación similares, pero **Belzona 5811** detalla las condiciones climáticas específicas para obtener los mejores resultados y mayor rango climático para su aplicación.

7. PRIMERA Y SEGUNDA CAPA

Belzona 5811: La primera capa se aplica con brocha o escurridor de goma, con un espesor objetivo de 250 micrones. La segunda capa debe aplicarse dentro de 5-7 horas a 20°C, sin exceder las 72 horas antes de un nuevo granallado.

Norma aplicable: ISO 12944-6 – Sistemas de protección contra la corrosión.

Valor técnico: Espesor total recomendado de 400-500 micrones.

PROGUARD CN 200: Espesor de capa única de 500-1000 micras, pero **no especifica detalles sobre la aplicación en múltiples capas.**

Conclusión: **Belzona 5811** proporciona más control en la aplicación por capas, permitiendo una mejor personalización y resultados óptimos.

8. RANGOS DE COBERTURA

Belzona 5811: Cobertura teórica de 3,9 m²/litro por capa, con un espesor total recomendado de 400-500 micrones.

Norma aplicable: ISO 2808 – Medición del espesor de la película.

PROGUARD CN 200: Cobertura teórica de 1,22 m²/kg para una capa de 500 micrones.

Conclusión: **Belzona 5811** ofrece una mejor cobertura por litro de producto, lo que puede traducirse en una mayor eficiencia en proyectos grandes.

9. INSPECCIÓN

Belzona 5811: Se recomienda la inspección visual después de cada capa, seguida de una prueba de chispa según **NACE SP0188** para asegurar la continuidad del recubrimiento.

Norma aplicable: **NACE SP0188** – Pruebas de continuidad en recubrimientos.

PROGUARD CN 200: Menciona la importancia del plan de aseguramiento de calidad, pero **no detalla los métodos de inspección.**

Conclusión: **Belzona 5811** proporciona procedimientos de inspección más claros y detallados, asegurando la calidad final del recubrimiento.

10. FINALIZACIÓN DE LA REACCIÓN MOLECULAR

Belzona 5811: La reacción molecular completa depende de la temperatura, alcanzando resistencia química completa en 7 días a 20°C.

Norma aplicable: ISO 11357 – Análisis de degradación térmica.

PROGUARD CN 200: Alcanza resistencia química completa en 7 días a 20°C, **pero no especifica detalles adicionales sobre la reacción molecular.**

Conclusión: Ambos productos tienen tiempos de reacción molecular similares, aunque **Belzona 5811** ofrece más detalles sobre el proceso de curado.

CONCLUSIÓN REFERENTE A COMPARACIÓN EN LA APLICACIÓN

Belzona 5811 se destaca como la opción superior en términos de facilidad de uso, flexibilidad en condiciones extremas y control en el proceso de aplicación. **PROGUARD CN 200** ofrece una buena resistencia química y térmica, pero presenta menos detalles técnicos y es menos versátil en situaciones complejas como bajas temperaturas y mezcla en pequeñas cantidades. **Belzona 5811** ofrece mayor vida útil de la mezcla, mejor cobertura y protocolos más detallados para asegurar un rendimiento óptimo en una gama más amplia de aplicaciones industriales.

Ing. William González

Gerente de Producción

096-078-6530

UIO: Cristóbal Sandoval Oe3-58 y Av. La Prensa.
(02) 6006 - 773 / 098 - 728 - 4749

GYE: Villa España II Urbanización Toledo Mz 2839 V18.
(04) 6010 - 703 / 098 - 721 - 2939

dtc@costera.ec

www.inspectores-industriales.ec



- Esmeraldas
- Manta
- Guayaquil
- Sta. Elena
- El Oro
- Cuenca
- Tungurahua
- El Coca
- Lago Agrio

