

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL DE HUAMANGA

FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA Y METALURGIA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA QUÍMICA



INFORME DE EXPERIENCIA PROFESIONAL

“FORMULACIÓN Y PROCESO PRODUCTIVO DE ESPUMAS DE

POLIURETANO EN LA EMPRESA CORPORACIÓN SURYMAR S.A.C. – LIMA”

Presentado por:

Bach. ERIC CÉSAR HUARACA PAREDES

Para Optar el Título Profesional de

INGENIERO QUÍMICO

AYACUCHO - PERÚ

2018

DEDICATORIA

A mis padres Teodora y César, por haberme educado desinteresadamente con amor, a ellos mi infinita gratitud. A la compañera de mi vida Maruja, cuyo apoyo permanente hizo posible la culminación de este trabajo, asimismo a mis dos hijas Nicolle A. y Nutshiel A., inspiración constante para mi superación.

AGRADECIMIENTO

A mi alma mater “Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga y profesores de la Escuela Profesional de Ingeniería Química, quienes formaron las bases necesarias de mi profesión, proporcionándome sus experiencias y conocimientos. En especial a mi gran amigo Jorge Tesser, gracias por su esfuerzo y dedicación.

RESUMEN

La empresa CORPORACIÓN SURYMAR SAC, se dedica a la producción y venta de espuma de poliuretano de densidad variada para tapicería y colchones. Uno de los factores del crecimiento de la empresa es principalmente la fabricación de espuma flexible, para lo cual se preparan diferentes formulaciones de acuerdo a las características. A partir del año 2015 empezó a aumentar la demanda de los productos obligando a trabajar en dos turnos, sin embargo, no se ha podido cubrir la demanda, por la cual en el año 2017 la empresa compra una máquina continua de tecnología inglesa, iniciándose con la producción en sistema continuo. Con el sistema continuo, la calidad del producto a mejorado significativamente, el porcentaje de merma ha disminuido de un 20% a un 5%.

La empresa Corporación Surymar S.A.C., es la segunda a nivel nacional que cuenta con maquinaria y tecnología de última generación y dejando el proceso de espumado manual. Lo que le permite fabricar bloques de 2.2 m^3 , pesando los insumos en forma manual, a producir bloques de 11 m^3 con un proceso automático, registrado y codificado, cada bloque con el que se identifica las condiciones del proceso de producción, para mantener un estándar de calidad y seguridad en el proceso.

En el proceso de producción de espuma de poliuretano tenemos las variables químicas y físicas. La calidad depende de las propiedades mecánicas del producto tales como: Densidad y dureza entre otras. Por lo tanto, el proceso de fabricación debe ser monitoreado y ajustado tomando en cuenta las variables que se presentan y la experiencia en el proceso de síntesis de la espuma de poliuretano.

El informe está estructurado en cuatro capítulos; en el primero se detalla las generalidades de la empresa, en el segundo la fundamentación teórica del proceso de obtención de espuma de poliuretano, en el tercero se presenta la descripción del proceso de producción, la formulación de los componentes, los sistemas de control de calidad e impacto ambiental, y en el cuarto se detallan los aportes realizados en la empresa.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN.....	1
OBJETIVOS	3
OBJETIVOS GENERALES.....	3
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	3
CAPÍTULO I.....	4
GENERALIDADES DE LA EMPRESA	4
1.1 RAZÓN SOCIAL	4
1.2 UBICACIÓN DE LA PLANTA	4
1.3 HISTORIA	4
1.4 MISIÓN	5
1.5 VISIÓN.....	5
1.6 PRINCIPIOS Y VALORES.....	6
1.7 ORGANIZACIÓN.....	6
1.8 ORGANIGRAMA.....	6
1.9 PRODUCTO.....	8
1.9.1 PRODUCTOS ELABORADOS.....	8
1.9.2 DEL EJERCICIO PROFESIONAL.....	10
CAPÍTULO II.....	11
MARCO TEÓRICO.....	11
2.1 HISTORIA DEL POLIURETANO.....	11
2.2 POLIURETANO.....	14

2.3 MATERIA PRIMA Y ADITIVOS QUE INTERVIENEN EN LA PRODUCCIÓN DE POLIURETANO.....	16
2.3.1 POLIOLES	16
2.3.1.1 TIPOS DE POLIOLES Y USOS FINALES.....	17
2.3.1.2 POLIOLES PARA ESPUMAS FLEXIBLES.....	17
2.3.1.3POLIOLES PARA ESPUMAS DE ALTA RESILIENCIA Y MOLDEADO EN FRÍO.....	17
2.3.1.4 POLIOLES PARA ESPUMAS SEMIRÍGIDAS, ELASTÓMEROS Y RECUBRIMIENTOS	18
2.3.1.5 POLIOLES PARA ESPUMAS RÍGIDAS.....	18
2.3.1.6 FUNCIONALIDAD, PESO EQUIVALENTE DE POLIOLES Y TIPOS DE ESPUMAS.....	18
2.3.1.7 POLIOL COPOLÍMERO.....	19
2.3.2 ISOCIANATOS.....	19
2.3.3 SURFACTANTES DE SILICONA.....	20
2.3.4 CATALIZADORES DE AMINAS.....	24
2.3.5 CATALIZADORES DE ESTAÑO.....	26
2.3.6 OTROS ADITIVOS.....	27
2.3.6.1 COLORANTES Y PIGMENTOS.....	27
2.3.6.2 CARGAS INORGÁNICAS.....	28
2.3.6.3 RETARDANTES DE LLAMA.....	29
2.3.6.4 AGENTES DE ENTRECruzAMIENTO Y EXTENSORES DE CADENA.....	29

2.4 QUÍMICA DE LA FORMACIÓN DE POLIURETANO.....	29
2.4.1 REACCIÓN DE GELIFICACIÓN O DE POLIMERIZACIÓN.....	29
2.4.2 REACCIÓN DE EXPANSIÓN O ESPUMADO.....	30
2.5 PROCESO DE FORMACIÓN DE ESPUMAS DE POLIURETANO.....	34
2.5.1 LOS COMPONENTES BÁSICOS EN UNA FORMULACIÓN DE ESPUMA DE POLIURETANO.....	34
2.5.2 EL PROCESO DE FORMACIÓN DE ESPUMA.....	34
2.6 LA FORMULACIÓN DE ESPUMA.....	37
2.7 EFECTO DE LAS VARIABLES DE LA FORMULACIÓN EN LAS PROPIEDADES FÍSICAS DE LA ESPUMA.....	39
2.8 EFECTO DEL ÍNDICE DE EXPANSIÓN SOBRE LA DENSIDAD.....	39
2.8.1 PERDIDA DE GASES.....	41
2.8.2 EFECTO DE LAS CLASES DE AGENTES DE EXPANSIÓN SOBRE LA DUREZA DE LA ESPUMA.....	42
2.8.3 EFECTO DEL ÍNDICE DEL ISOCIANATO SOBRE LA DUREZA DE LA ESPUMA.....	43
2.8.4 REACCIÓN EXOTÉRMICA	44
2.9 SISTEMAS DE PRODUCCIÓN DE ESPUMA DE POLIURETANO	45
2.9.1 EL SISTEMA DE UNA ETAPA.....	46
2.9.2 EL SISTEMA DE DOS COMPONENTES.....	47
2.9.3 EL SISTEMA DE CUASI-PREPOLÍMERO.....	48
2.9.4 PRODUCCIÓN DE ESPUMA DE POLIURETANO EN BLOQUES.....	49
2.10 TIPOS DE MÁQUINAS ESPUMADORAS.....	49

2.11 PROCESO CONTINUO.....	50
2.11.1 PROCESO CONVENCIONAL.....	50
2.11.2 PROCEDIMIENTO HENNECKE/PLANIBLOCK.....	51
2.11.3 PROCESO AUTOMÁTICO DE CAJÓN.....	53
2.11.4 PROCESO MANUAL.....	57
CAPÍTULO III.....	60
DESCRIPCIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO.....	60
3.1 PROCESO PRODUCTIVO.....	60
3.2 VARIABLES DE PROCESO PRODUCTIVO.....	64
3.2.1 CÁLCULOS FORMULACIONES (PARTE TEÓRICO)	64
3.2.2 CÁLCULOS FORMULACIONES (PARTE EXPERIMENTAL).....	71
3.3 BALANCE DE MATERIA DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN.....	79
3.3.1 EL BALANCE DE MATERIA DE ESPUMA DE POLIURETANO SE CALCULA EN BASE A LA PERDIDA DE GASES VOLÁTILES.....	80
3.4 DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO PRODUCTIVO	83
3.5 DISTRIBUCIÓN DE LA PLANTA.....	84
3.5.1 ÁREA DE ALMACENAMIENTO DE MATERIA PRIMA.....	85
3.5.2 ÁREA DE PRODUCCIÓN DE ESPUMA DE POLIURETANO.....	86
3.5.3 ÁREA DE CURADO DE BLOQUES.....	88
3.5.4 ÁREA DE PROCESAMIENTO DE ESPUMA.....	89
3.5.5 ÁREA DE ALMACENAMIENTO DE PRODUC. TERMINADO.....	91
3.6 SISTEMA DE CONTROL DE CALIDAD.....	92
3.6.1 CONTROL DE CALIDAD DE MATERIA PRIMA.....	92

3.6.2 CONTROL DE CALIDAD DE ESPUMA FLEXIBLE.....	94
3.7 MUESTREO Y PREACONDICIONAMIENTO.....	95
3.8 PROPIEDADES FÍSICAS DE LAS ESPUMAS Y SUS UNIDADES.....	95
3.9 TRATAMIENTO DE RESIDUOS CONTAMINANTES.....	103
3.9.1 RESIDUOS SÓLIDOS GENERADOS.....	103
3.9.2 RESIDUOS LÍQUIDOS GENERADOS.....	104
3.9.3 EMISIÓN DE VAPORES GENERADOS.....	104
CAPÍTULO IV.....	105
APORTES.....	105
CONCLUSIONES.....	106
RECOMENDACIONES.....	107
BIBLIOGRAFÍA.....	108
ANEXOS.....	109

INTRODUCCIÓN

La espuma de poliuretano o poliuretano flexible, conocida como esponja, es un material que de acuerdo los componentes y aditivos empleados durante su proceso de fabricación, se puede conseguir diferentes características para usos diversos. El presente informe se presenta el proceso de fabricación y su aplicación en la confección de colchones y en la tapicería de sillas, asientos, muebles de oficina y usos domésticos.

La empresa Corporación Surymar S.A.C., con sede en la ciudad de Lima se dedica a la fabricación de espuma de poliuretano para aplicar en la confección de colchones y tapicería en general, preparando el producto de acuerdo a las normas estandarizadas y establecidas de calidad y confort.

La empresa Corporación Surymar S.A.C., es la segunda que cuenta con maquinaria con tecnología de última generación y dejando el proceso de espumado manual. Lo que le permite fabricar bloques de 2.2 m^3 , pesando los insumos en forma manual, a producir bloques de 11 m^3 con un proceso automático, registrado y codificado, cada bloque con el que se identifica las condiciones del proceso de producción, para mantener un estándar de calidad y seguridad en el proceso.

El objetivo principal del presente Informe de Experiencia Profesional es describir en forma detallada las etapas del proceso productivo que consiste en lo siguiente: Dosificación de los componentes, luego se mezclan los componentes, este proceso se realiza en dos etapas la primera con el agente de expansión químico/físico, silicona y catalizador amínico por un tiempo de 60

segundos. la segunda mezcla se realiza con el isocianato y el catalizador octoato de estaño por un tiempo de 5 segundos. A continuación, se realiza la transferencia rápida a un molde, antes que inicie el cremado (aumento significativo de la viscosidad), tomando en consideración el tiempo de crema y el tiempo de reacción y finalmente se procede al desmoldado para el curado correspondiente.

El informe está estructurado en cuatro capítulos; en el primero se detalla las generalidades de la empresa, en el segundo la fundamentación teórica del proceso de obtención de espuma de poliuretano, en el tercero se presenta la descripción del proceso de producción, la formulación de los componentes, los sistemas de control de calidad e impacto ambiental, y en el cuarto se detallan los aportes realizados en la empresa.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

El objetivo principal del presente Informe de Experiencia Profesional es hacer conocer la tecnología del proceso productivo de espumas de poliuretano, el control de calidad e impacto ambiental.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Presentar los criterios básicos para la formulación de espuma de poliuretano flexible para diferentes densidades y aplicaciones.
- Adecuación y estandarización de la curva patrón del índice de expansión frente a la densidad, de acuerdo a las condiciones ambientales de producción.
- Describir el sistema de control de calidad del proceso productivo.
- Describir el impacto ambiental durante el proceso de producción de espumas de poliuretano.

CAPÍTULO I

GENERALIDADES DE LA EMPRESA

1.1 RAZÓN SOCIAL

La empresa Corporación Surymar S.A.C., se dedica al desarrollo, producción y comercialización de espuma de poliuretano flexible, que se emplea en la manufactura de colchones y tapicería de muebles.

1.2 UBICACIÓN DE LA PLANTA

La empresa Corporación Surymar S.A.C., se encuentra ubicada en la Asociación de Pequeños Avicultores “El Dorado” Mz I Lote 4 y 5 – Zapallal, Distrito de Puente Piedra, departamento de Lima.

1.3 HISTORIA

La empresa Corporación Surymar S.A.C., inicia sus actividades en el año 2000 y a partir de entonces se dedica a la producción de espumas de poliuretano y exclusivamente al diseño, desarrollo y fabricación de colchones. El crecimiento de la empresa se debe al trabajo

multidisciplinario de profesionales y personal calificado y a la adquisición e implementación de máquinas de última generación como lo son: resorteras, paneleras, acolchadora, cortadora tipo vertical y carrusel para cortar espuma, garantizando de esta manera la satisfacción de las exigencias de nuestros clientes.

En el 2013, la empresa constituye en una nueva planta física en un área de 9,000 m² en la localidad de Zapallal – Puente Piedra, con un diseño moderno y adaptado a los propósitos de la mejora productiva. El año 2015 continúa incorporando tecnología de punta, adquirido una máquina Resortera Textil Transfer.

Hoy en día la empresa Corporación Surymar S.A.C., cuenta con más de 20,000 m² de área construida, lo cual nos coloca a la vanguardia de las principales fábricas de colchones en el Perú.

En los últimos años la tasa de crecimiento de la empresa ha sido superior a la media del mercado y en respuesta a esto la empresa renueva su compromiso de seguir automatizando su planta, contratando mejores profesionales a fin de lograr productos de alta calidad a precios razonables.

En el 2017 se adquiere una máquina continua con la finalidad de atender la demanda de nuestros clientes, que cada día va creciendo.

1.4 MISIÓN

Contribuir a mejorar la calidad de vida de las personas y familias, desplegando toda la capacidad de desarrollo, innovación y fabricación de excelentes productos de tal manera que podamos brindar con ellos comodidad y descanso.

1.5 VISIÓN

Ser reconocidos en el Perú como la empresa líder, en la fabricación de espumas de poliuretano y afines, líder en la innovación y calidad.

Ser reconocidos también por nuestro compromiso de proveerles de un valor diferencial de satisfacción a nuestros clientes.

1.6 PRINCIPIOS Y VALORES

Aspiramos a que los valores se plasmen efectivamente en la cultura y práctica de las personas, los procesos y la empresa en su conjunto; por lo que nos comprometemos a impulsar su difusión, incentivar su práctica, desincentivar las prácticas reñidas con ellos y, en general a un esfuerzo proactivo de cambios para concretarlos.

Todos los trabajadores de la empresa Corporación Surymar S.A.C., están comprometidos a analizar las brechas entre las práctica de trabajo, nuestros valores y realizar acciones para superar efectos contrarios a fin de que podamos cumplir con nuestros clientes, nuestros empleados, nuestra empresa y con la sociedad peruana con los siguientes valores: respeto a las personas, confianza, lealtad, responsabilidad, profesionalismo y compromiso, participación e innovación y trabajo en equipo, transparencia y probidad, solidaridad y cuidado del medio ambiente.

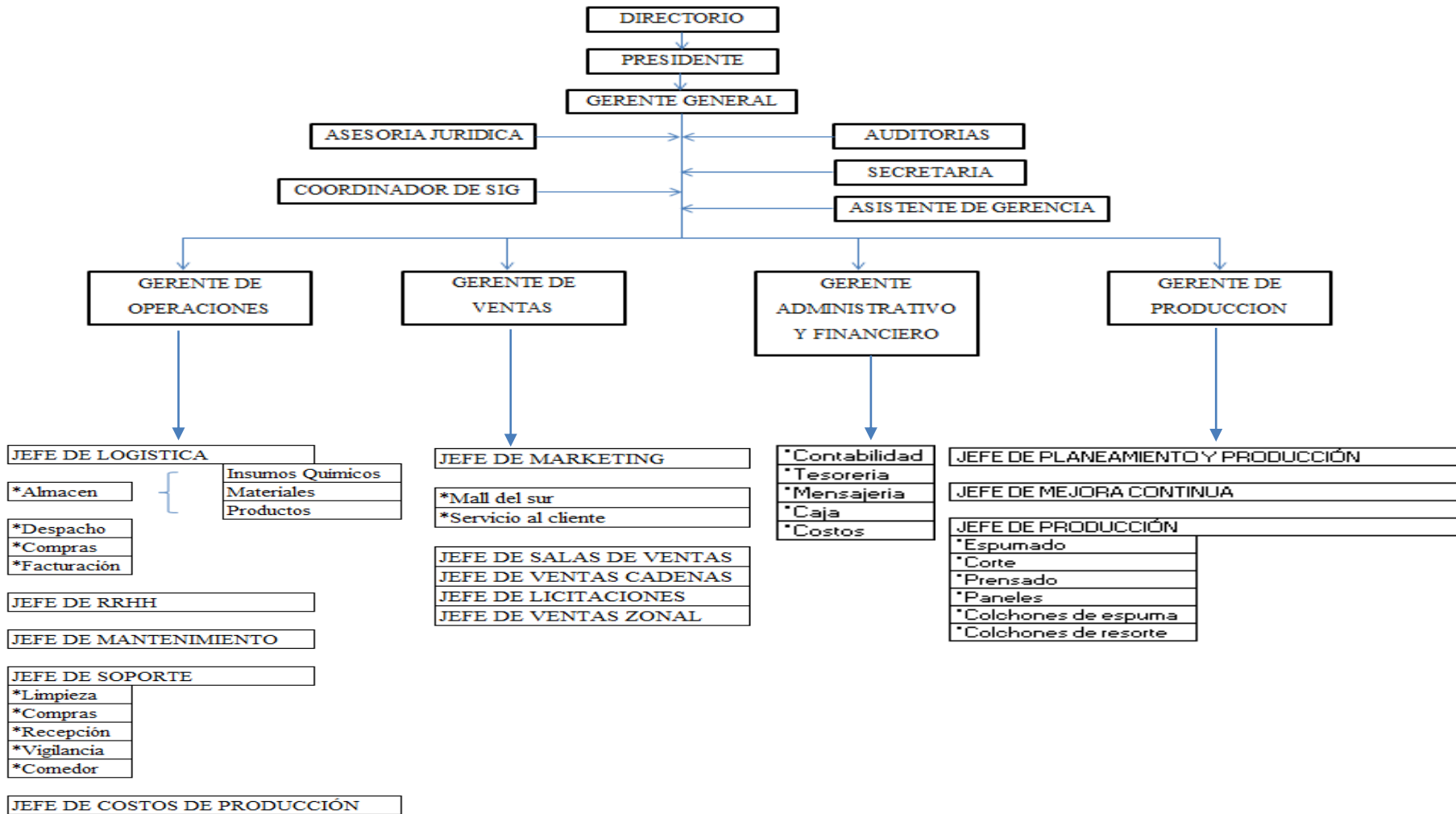
1.7 ORGANIZACIÓN

La empresa tiene una organización jerárquica conformada por los siguientes elementos: Directorio, presidente, Gerente General, Gerente de Operaciones, Gerente de Ventas, Gerente Administrativo y Financiero, Gerente de Producción.

1.8 ORGANIGRAMA:

La siguiente figura muestra el organigrama de la empresa.

ORGANIGRAMA DE LA PLANTA CORPORACIÓN SURYMAR S.A.C



1.9 PRODUCTO

Las Espuma de Poliuretano Flexible se emplea en dos líneas principales: Colchón y Tapicería. Los productos de espuma de Poliuretano se distinguen según sus propiedades físicas y mecánicas.

A continuación, se muestra algunas de las aplicaciones de nuestros productos: colchonería de espuma y resorte, tapicería de muebles, empaques de espárragos, calzado y prendas íntimas.

Los productos se presentan con la siguiente descripción:

- Nombre de cliente
- Nombre de la empresa.
- Código de densidad.
- Cantidad del producto.
- Medida del producto.

1.9.1 PRODUCTOS ELABORADOS

Cada bloque de espuma flexible producido es elaborado bajo la descripción y codificación siguiente:

Tabla 1 Codificación de productos de espuma de poliuretano flexible.

CODIGO	DENSIDAD (Kg/m ³)	TIPO
D-120	10	Cilindro – Rollo
	10	Colchón (c/carga)
	12	Tapicería duro
D-160	12	Cilindro – Rollo
D-140	12	Colchón (c/carga)
	14	Tapicería duro
D-200	14	Cilindro – Rollo
	16	Tapicería elástica
	16	Tapicería duro
D-250	16	Cilindro – Rollo
	16	Colchón Camaleón (c/carga)
	18	Tapicería duro
	18	Tapicería elástica
D-350	18	Cilindro – Rollo
	20	Tapicería duro
	20	Tapicería elástica
D-550	20	Cilindro – Rollo
	20	Tapicería elástica
	22	Tapicería duro
D-600	22	Tapicería elástica
D-650	25	Tapicería elástica
D-700	27	Tapicería elástica
D-800	30	Tapicería semidura
V-70	70	Visco elástico

Fuente: Corporación Surymar S.A.C

1.9.2 DEL EJERCICIO PROFESIONAL

En cuanto al desempeño profesional el suscrito, ha desarrollado las siguientes actividades como:

- Asistente de Jefe de Planta en la empresa SEAGRO S.A.C. 2010-2013, en la producción de oleoresina de marigol y extracto de rotenona.
- Supervisor de producción en la empresa Agro Industrial Gomas y Taninos S.A.C. 2013 – 2014, en la producción de goma y polvo de tara.
- Supervisor del área de espumado en la empresa Corporación Surymar. Del 2014 al 2017, asumiendo las siguientes funciones:
 - Responsable de las formulaciones
 - Plan de mantenimiento del proceso automático.
 - Desarrollo e investigación de nuevos productos de diferente densidad y elasticidad.
 - Responsable de control de calidad en área de procesamiento de espuma.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 HISTORIA DEL POLIURETANO

La química de los poliuretanos tuvo su inicio en 1849 cuando Wurtz y Hofmann reportaron por primera vez la reacción entre un isocianato y un compuesto hidroxílico. En 1937, el descubrimiento de la reacción de poliadición de los diisocianatos con glicoles, hecha por el Dr. Otto Bayer y colaboradores, lanzó las semillas de la industria de los poliuretanos. (Herrington, 1997)

A partir de 1950, Du Pont y Monsanto iniciaron la producción comercial de diisocianatos. En el año 1953, Du Pont anunció la comercialización de un poliuretano espumado basado en prepolímero. A principios de los años 50, el desarrollo de poliuretanos espumados (celulares) hizo que el mayor énfasis se colocara en la producción de diisocianatos aromáticos (TDI y MDI). (Herrington, 1997)

En 1952 se anunció la instalación de la primera fábrica de espuma flexible en Alemania. El éxito comercial de varias aplicaciones de poliuretano en Alemania despertó un gran interés en los Estados Unidos de América. (Herrington, 1997)

En 1957, Du Pont, Mobay y Nacional Aniline producían diisocianatos en los Estados Unidos con una capacidad anual conjunta de aproximadamente 35.000 toneladas. Sin embargo, el interés

por el desarrollo de productos basados en la nueva tecnología todavía era relativamente pequeño debido a los altos costos y limitaciones técnicas. (Herrington, 1997)

Entre 1957 y 1958, las empresas Dow Chemical Company, Union Carbide Corporation y Wyandotte Chemical Company hicieron posible el desarrollo de la industria de poliuretano mediante la introducción de los polioles poliéster. (Herrington, 1997)

El uso de estos nuevos productos posibilitó la fabricación de espumas con mejores propiedades, y menor costo, que las realizadas anteriormente (basadas en polioles poliéster). (Herrington, 1997)

Los nuevos isocianatos, introducidos por Monsanto y du Pont, también desempeñaron un papel importante en el desarrollo de las espumas de poliuretano. Los sistemas a base de poliéster usaban la técnica “One Shot” (una etapa) donde el poliéster, diisocianato, agua, catalizadores y estabilizadores se mezclaban en una sola etapa, ocurriendo entonces la reacción de espuma. (Herrington, 1997)

Los primeros sistemas a base de poliéster empleaban el proceso de prepolímero, donde el poliéster y el diisocianato reaccionaban, en una primera etapa, para formar el prepolímero. En una etapa posterior, éste se mezclaba con agua, catalizadores y estabilizantes para producir las espumas. La mayor parte de las espumas flexibles hechas hasta 1960 usaban la técnica de los prepolímeros. La técnica de espuma “One Shot” con polioles poliéster, que dispensa el uso de prepolímeros formados por la reacción previa de isocianato y polioliol, se introdujo en 1959, permitiendo el desarrollo de espumas flexibles para aplicaciones de gran volumen. (Herrington, 1997)

Las formulaciones usadas con la técnica “One Shot” se basan en polioles, TDI 80/20, catalizadores amínicos y órgano-metálicos y siliconas a base de copolímero de polidimetilsiloxano – glicol. Las espumas flexibles de poliuretano se fabrican actualmente utilizando los mismos compuestos descritos anteriormente. (Herrington, 1997)

En la mitad de los años 60, Dow fue la pionera en la introducción de los polioles que contenían óxido de etileno y óxido de propileno (heteropolímeros) que permitieron una mejora en el proceso de fabricación de las espumas flexibles de poliuretano. A principios de la década de los 70, la Union Carbide hizo la introducción pionera de los polioles copoliméricos, que contenía estireno y acrilonitrilo, que permitieron la fabricación de espumas flexibles de bloque y moldeadas con una gama aún mayor de propiedades físicas y mejor procesabilidad. A partir de mediados de los años 80, la creciente preocupación por el medio ambiente, particularmente el reciclado de los productos a base de poliuretano, y la destrucción de la capa de ozono provocada por los clorofluorocarburos, marcó el inicio de una nueva fase de desarrollo de productos y procesos para los diversos segmentos de la industria de poliuretano. (Herrington, 1997)

Espumas flexibles exentas de clorofluorocarburos, nuevos polioles, siliconas, catalizadores y agentes alternativos de expansión, así como nuevos procesos de espumado han sido, desde principios de la década de 1990, implementados con éxito. (Herrington, 1997)

Las principales características de las espumas flexibles de poliuretano son:

- Bajo peso
- Alto Confort
- Excelente Acolchado
- Buena elasticidad
- Buena resistencia al rasgado
- Excelente resistencia a la fatiga
- Facilidad de corte
- Excelente Conformación
- Buen aislamiento térmico

Las espumas flexibles pueden ser producidas en una amplia gama de densidades, con los más variados grados de dureza, lo que las convierte en el material preferido para el tapizado en las industrias de muebles y colchones. Estas espumas presentan aún resistencia a la degradación considerablemente mayor que las espumas basadas en látex natural. (Herrington, 1997)

Entre las numerosas áreas de aplicación de las espumas flexibles destacan:

- Colchones
- Muebles
- Almohadas
- Componentes Automotores
- Componentes para el calzado
- Juguetes
- Ropa
- Artículos de Limpieza
- Artículos de Higiene Personal
- Artículos de Construcción
- Embalaje

2.2 POLIURETANO

A diferencia de la mayoría de los polímeros como el polietileno, el poliestireno y el cloruro de polivinilo que son polímeros de las unidades monoméricas etileno, estireno y cloruro de vinilo respectivamente, los poliuretanos no son polímeros con unidades repetidas de uretano en forma regular y carecen por lo general de una fórmula empírica que los represente a todos. Estos son básicamente productos de la reacción de polímeros polihidroxilados, tales como polioles poliéter e isocianatos. En resumen, son polímeros que contienen el enlace uretano ($-NH-CO-O-$), que no es en forma alguna el enlace químico predominante en los polímeros. (Herrington, 1997)

La mayoría de los poliuretanos que se fabrican son espumas que pueden variar desde las súper-suaves y flexibles hasta las duras y rígidas. Las espumas se pueden producir en bloques o pueden moldearse en formas y tamaños distintos. (Herrington, 1997)

La reacción principal de los uretanos es la que ocurre entre un isocianato y un compuesto que contenga un hidrógeno activo.

Los isocianatos son compuestos que poseen uno a más radicales del grupo isocianato ($-N = C = O$), altamente reactivo, que no debe confundirse con el grupo cianuro ($-C \equiv N$) o con el grupo cianato ($-O - C \equiv N$). (Herrington, 1997)

Un hidrógeno activo es generalmente el que se encuentra unido a un átomo electronegativo como el nitrógeno (N), oxígeno (O), azufre (S) o cloro (Cl). Los compuestos siguientes contienen, por lo tanto, átomos de hidrógeno activo. R, R' = grupos alquilo o arilo en general. (Herrington, 1997)

Esta lista se elaboró de acuerdo con el orden descendente de reactividad con los isocianatos. Ver tabla 2.1

Tabla 2.1 Reactividad con los isocianatos

Active Hydrogen Compound	Typical Structure	Reaction Rate Uncatalyzed at 25°C
Primary Aliphatic Amine	R-NH ₂	100,000
Secondary Aliphatic Amine	R ₂ -NH	20,000–50,000
Primary Aromatic Amine	Ar-NH ₂	200–300
Primary Hydroxyl	R-CH ₂ -OH	100
Water	H-O-H	100
Carboxylic Acid	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \\ \text{R}-\text{C}-\text{OH} \end{array}$	40
Secondary Hydroxyl	$\begin{array}{c} \text{R} \\ \\ \text{R}-\text{CH}-\text{OH} \end{array}$	30
Ureas	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \\ \text{R}-\text{NH}-\text{C}-\text{NH}-\text{R} \end{array}$	15
Tertiary Hydroxyl	$\begin{array}{c} \text{R} \\ \\ \text{R}-\text{C}-\text{OH} \\ \\ \text{R} \end{array}$	0.5
Urethane	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \\ \text{R}-\text{NH}-\text{C}-\text{O}-\text{R} \end{array}$	0.3
Amide	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \\ \text{R}-\text{C}-\text{NH}_2 \end{array}$	0.1

Fuente: (Lonescu, Chemistry and Technology of Polyols for Polyurethane, 2nd Edition Volumen 1, 2016) (Ramesh, 2004)

2.3 MATERIA PRIMA Y ADITIVOS QUE INTERVIENEN EN LA PRODUCCIÓN DE POLIURETANO

De las secciones anteriores se concluye que se necesitan tres sustancias químicas esenciales para producir espumas de poliuretano, estas son:

1. Isocianato
2. Polioliol o compuesto polifuncional semejante
3. Agua

Para obtener un mejor control de la velocidad de reacción, el tamaño de la celda de la espuma o en general, para obtener un procesamiento mejor, se requieren otros aditivos. Los siguientes son los más comunes e importantes.

Agentes físicos de expansión

1. Aminas
2. Catalizador órgano metálico
3. Surfactantes de silicona

Pueden añadirse, para propósitos específicos otros aditivos, tales como:

1. Pigmentos
2. Plastificantes
3. Retardantes a la llama
4. Agentes de entrecruzamiento

Todas las materias primas anteriores serán descritas a continuación:

2.3.1 POLIOLES

El termino polioliol es el nombre abreviado que se usa para denominar los alcoholes polifuncionales. Existen dos categorías principales de polioles en la industria de los poliuretanos, estos son: los polioles poliéter y los polioles poliéster. Los polioles poliéter representan hoy en

día más del 90 % del consumo de la industria; los polioles de poliéster no se describirán en este trabajo.

Químicamente un poliol poliéter no es más que un alcohol polifuncional que contiene una cadena con enlaces repetitivos de tipo éter $C - O - C$. La definición más conocida de un poliol poliéter se describe como el producto de la reacción polimérica de un óxido orgánico y un compuesto que contenga dos o más átomos de hidrógeno activo. (Herrington, 1997)

2.3.1.1 TIPOS DE POLIOLES Y USOS FINALES

Las dos características sobresalientes de un poliol son su peso molecular y su funcionalidad, las cuales se relacionan por la siguiente expresión. (Herrington, 1997)

$$Peso\ equivalente = \frac{Peso\ molecular}{Funcionalidad} \quad (2.1)$$

La tabla 2.2 nos muestra la relación existente entre la funcionalidad y el peso equivalente de algunos polioles y los usos de los mismos.

2.3.1.2 POLIOLES PARA ESPUMAS FLEXIBLES. –

Son primordialmente trioles (es decir funcionalidad de 3) cuyos pesos equivalentes fluctúan en un rango de 500 a 2500. Así mismo puede utilizarse una mezcla de trioles y dioles, de manera que la funcionalidad total de la mezcla no resulte inferior a 2.5. Los polioles suelen ser trioles de poli (oxipropileno) con bloques de oxietileno que en su mayoría varían del 5% al 20% en peso. (Lonescu, 2016)

2.3.1.3 POLIOLES PARA ESPUMAS DE ALTA RESILIENCIA Y MOLDEADO EN FRÍO. –

Estos polioles son trioles con terminación de óxido de etileno y pesos equivalentes entre 1500 a 2100. (Lonescu, 2016)

2.3.1.4 POLIOLES PARA ESPUMAS SEMIRIGIDAS, ELASTÓMEROS Y RECUBRIMIENTOS. –

En estas aplicaciones se emplea una amplia gama de polioles con pesos equivalentes entre 70 a 2000. (Lonescu, 2016)

2.3.1.5 POLIOLES PARA ESPUMAS RIGIDAS. –

Se utilizan polioles de relativa alta funcionalidad (mayor de 3) y con pesos equivalentes inferiores a 200. Se necesita un polioliol de alta funcionalidad porque las espumas rígidas requieren de un mayor entrecruzamiento de cadenas. (Lonescu, 2016)

2.3.1.6 FUNCIONALIDAD, PESO EQUIVALENTE DE POLIOLES Y TIPOS DE ESPUMAS

Tabla 2.2 Tipos de espuma, funcionalidad y peso equivalente

Tipo de espuma	Funcionalidad del polioliol	Peso equivalente del polioliol
Flexible	2.5-3.0	500-3000
Semirrigida	3.0-3.5	70-2000
Rigida	3.0-8.0	70-800
Elastomeros y Recubrimiento	2	70-2000

Fuente: (Herrington, 1997)

Los tipos de polioles más utilizados en la producción de espumas flexibles son los siguientes:

Tabla 2.3 Especificaciones técnicas de polioli.

Marca/ Denominación	Fabricante	Composición Química
Arcol F - 3040	COVESTRO	Nº OH (54.5 - 57.5) / PM (3000) % Agua (0.05 % máx)
Pluracol 4156	BASF	Nº OH (56) / PM (3000) % Agua (0.05 % máx)
Konix GP-3001	KPX CHEMICAL	Nº OH (56) / PM (3000) % Agua (0.05 % máx)
Yucol 5613	NOBLE CHEMICAL MATERIALES LLC	Nº OH (54 - 58) / PM (3000) % Agua (0.08 % máx)
Voranol 6340	DOW CHEMICAL	Nº OH (30 - 34) / PM (3000) % Agua (0.08 % máx)
Carpol PGP - 1000	CARPENTER CO CHEMICALS DIVISIÓN	Nº OH (112) / PM (1000) % Agua (0.08 % máx)
SYNTHEFLEX 9735 PA	SYNTHESIA TECHNOLOGY	Nº OH (56) / PM (3000) % Agua (0.07 % máx)

Fuente: Corporación G. T. M. del Perú S.A.

2.3.1.7 POLIOL COPOLÍMERO

Las principales características de los polioles copoliméricos se describen a continuación:

Tabla 2.4 Especificaciones técnicas de copolímero.

% DE SÓLIDOS	6 – 45
NÚMERO DE HIDROXILAS	20 – 46
VISCOSIDAD (25 °C)	1100 – 6000 cps

Fuente: Corporación G.T.M Del Perú S.A.

Espumas con densidades superiores a $26 \text{ kg} / \text{m}^3$, hechas con polioles convencionales y TDI 80/20, se vuelven blandas, para contrarrestar este problema se busca nuevas alternativas un ejemplo la mezcla de un polioli convencional y polioli copolimérico.

2.3.2 ISOCIANATOS

Los isocianatos utilizados en la industria de poliuretanos tienen al menos dos grupos isocianato (NCO). El isocianato utilizado en la mayoría de las espumas flexibles es el

diisocianato de tolueno – TDI. El diisocianato de tolueno presenta las siguientes formas isómeras ver Figura 2.1. (Herrington, 1997)

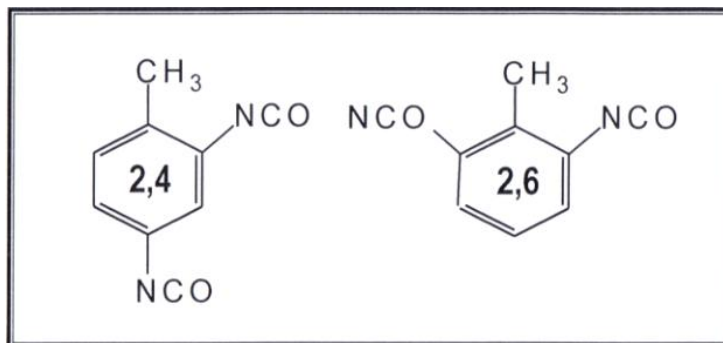


Figura 2.1.- Isómeros de TDI

Fuente: (Herrington, 1997)

Normalmente, en la industria, el TDI 80/20 es conocido, simplemente, por TDI. Por lo tanto, todas las formulaciones que mencionan TDI como isocianato deben entenderse como basadas en el TDI 80/20. Algunas propiedades típicas del diisocianato de tolueno se presentan en la siguiente Tabla 2.5.

Tabla 2.5 Especificaciones técnicas del TDI

	TDI 80/20	TDI 65/35
% NCO	48	48
Viscosidad, 25°C, cps	5	5
Punto de Congelamiento, °C	14 +/- 1	9 +/- 1
Acidez Total, %	0,004	0,004
Densidad a 25/4 °C	1,22	1,22
Ponto de Ebullición, °C	250	250

Fuente: (Herrington, 1997)

2.3.3 SURFACTANTES DE SILICONA

Las siliconas se emplean principalmente como agentes tensoactivos o surfactantes en la producción de espumas mejora la miscibilidad de los ingredientes. También regulan las dimensiones del aire nucleante y de las burbujas de gas y, por ende, regulan la estructura de las celdas de la espuma. Esto imparte una mayor estabilidad a la espuma que crece, previniendo la coalescencia de las celdas, lo cual conllevaría a un colapso de la espuma. (Herrington, 1997)

Para las espumas flexibles en bloques, cada formulación requiere la presencia de un nivel mínimo de silicona, por debajo de cual, la espuma resultaría con fisuras, colapso o celdas muy grandes. (Herrington, 1997)

Una buena espuma abierta (permeable al aire) se puede obtener a niveles que sobrepasen un cierto mínimo. Los incrementos, por sobre este mínimo sufren muy poco efecto perceptible sobre las propiedades de la espuma. A concentraciones de silicona más altas, se obtiene una espuma más compacta, estrechándose los correspondientes límites de estaño. Si se incrementa aún más la concentración de silicona, se obtendrá espumas cada vez más compactas con bajas propiedades de carga y de compresión. (Ramesh, 2004)

En la tabla 2.6 aparece la lista de los surfactantes de silicona más comunes para las espumas flexibles en bloques o en moldes.

Tabla 2.6.- Algunos surfactantes comunes de silicona

Fabricante:	DWO Corning	Unión Caribe	Gold Schmidt	Bayer
Marca Registrada:		Niax	Tegostab	—
Bloques flexibles				
	DC-198	L-520 (a)	B - 3136	OS - 15
				OS - 20
Aumento en actividad	DC-190	L-6202(a) L-540 L-6502	BF-2370(a) BF-2270	OS - 25
	DC-192	L-546		
				OS-50
	DC-196	L-548 L-550		
Espuma moldeada flexible (curado frío/alta resiliencia)				
		L-5309	B-4380	
	Q2-5043(b)	L-5303(b)		
	Q2-5098©	L-5305©		
		L-5307	B-4351	
	XF1-1630		B-4617	

a: Hidrolizable b: Insoluble en agua imiscible c: Soluble en agua miscible

Fuente: Manual de espuma flexible de poliuretano pág.16

Las siliconas desempeñan un papel fundamental en las diferentes etapas involucradas en la fabricación de espumas de poliuretano:

Mezcla – Las siliconas son en general, solubles en los compuestos utilizados en las reacciones de poliuretano y, por lo tanto, funcionan como emulsificantes facilitando el contacto y mezcla de los componentes de la formulación.

Nucleación- La formación de la espuma comienza cuando el gas se desprende de la mezcla líquida reactiva. Las siliconas ayudan a bajar la tensión superficial y, de esta manera, auxilian la nucleación y la formación de células finas.

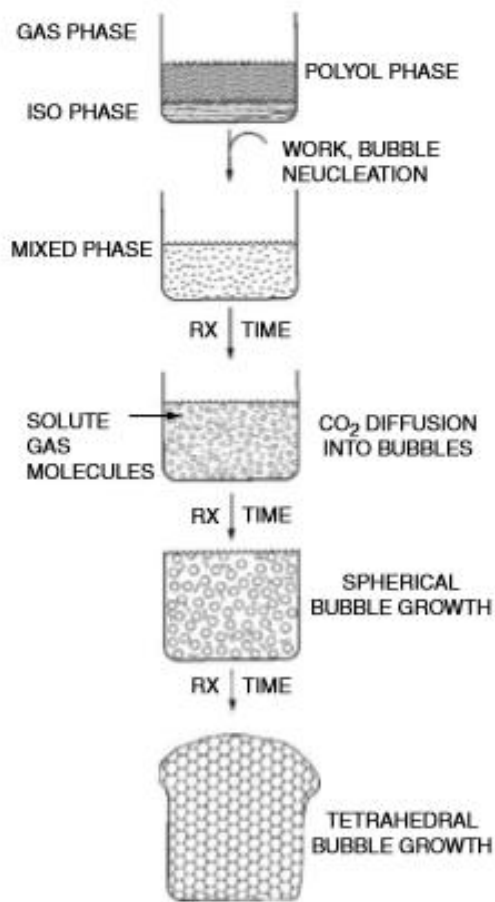


Figura 2.2 Modelo de nucleación y crecimiento de burbujas

Fuente: (Ramesh, 2004)

Estabilización – Después de la formación de las burbujas de gas, se hace necesaria su estabilización hasta que la estructura celular se haya formado por la reacción de polimerización. En este período crítico, las siliconas desempeñan un papel fundamental en la estabilización de la espuma evitando su colapso.

Apertura Celular – Las siliconas auxilian la apertura celular, necesaria para que no ocurra contracción de la espuma, trabajando en conjunto con el catalizador de estaño en la obtención de una estructura celular fuerte con paredes flexibles que puedan romperse (fluyendo hacia la estructura de las células) y permitiendo la salida de los gases (es decir, produciendo espumas con células abiertas.)

La tabla 2.7 se muestra el efecto de la cantidad de silicona, expresado en porcentaje de la cantidad ideal para una cierta formulación, en la estructura celular de una espuma flexible:

Tabla 2.7 *Porcentaje de silicona*

% de Silicona	Estructura Celular
0 – 50	Colapso
50 – 70	Densificación, rajadura
70 – 90	Células grandes (grossas)
90 – 120	Células medias
120 – 150	Células pequeñas (finas)
Arriba de 150	Encogimiento

Fuente: Corporación G.T.M Del Perú S.A.

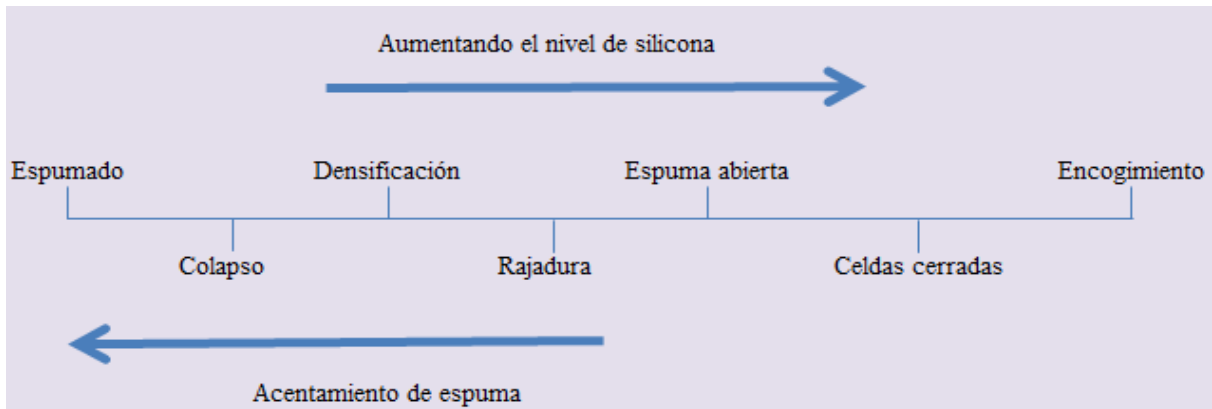


Figura 2.3 Efecto de la silicona en la espuma de poliuretano.

Dosificación del Silicona

La manera ideal de introducir la silicona es como un componente separado. Mezclas ASA (Agua + Silicona + Amina) se utilizan en la fabricación de espumas flexibles de bloque por conveniencia de pesaje.

Las células de las espumas donde la silicona se pre-mezcla con agua tiende a ser más gruesas. El contacto directo de silicona y catalizadores que contienen estaño debe ser evitado pues puede causar la degradación de la silicona y provocar el colapso de la espuma.

2.3.4 CATALIZADORES DE AMINAS

Las aminas terciarias se han empleado por mucho tiempo como catalizadores en la producción de espuma de poliuretano. Su principal función consiste en balancear y controlar la gelificación y la reacción de expansión de manera que, el proceso de formación de espuma, se pueda controlar adecuadamente. El tipo y la concentración de las aminas se pueden seleccionar para que cumplan con el requerimiento del proceso tales como perfil de crecimiento, tiempos de reacción, (tiempos de crema, crecimiento y gelificación) e incluso la superficie exterior de la espuma. La dosis de amina puede ajustarse para mejorar el paso de aire y reducir al mínimo las variaciones de densidad.

Debido a que la mayoría de los catalizadores amínicos que se pueden obtener comercialmente son mezclas de diferentes aminas. Las actividades de las mismas, por lógica, no pueden ser iguales. Algunas pueden catalizar la reacción de expansión más que la reacción de gelificación.

En la tabla 2.8, aparece la lista de algunos de los catalizadores, amínicos más comunes. (Ramesh, 2004)

Tabla 2.8.- Algunos catalizadores amínicos comunes.

Marca/ Denominación	Fabricante	Composición Química	Observaciones
NiAx A-1	Unión Caribe	70%bis(dimetilaminoeter) 30%dipropilenglicol	Buen catalizador de expansión, da un tiempo de crema menor
Dabco (Sólido)	Air Products	Trietilendiamina	Fuerte catalizador de gelificación
Dabco 33LV	Air Products	33% trietilendiamina 67%dipropilenglicol	Fuerte catalizador de gelificación
DMEA	Unión Caribe	Dimetiletanolamina	Fuerte catalizador de expansión
Desmorapid Ps-207	Bayer	Mezcla de aminas	Buen catalizador de expansión

Fuente: Manual de espuma flexible de poliuretano pág. 17

Las aminas terciarias, en su gran mayoría, actúan directamente en la reacción de expansión.

La siguiente tabla muestra el efecto de la cantidad de catalizador amínico en la formación de una espuma flexible de poliuretano como porcentaje de la cantidad ideal para una cierta formulación.

Tabla 2.9 Porcentaje de amina

% de Amina	Efecto
0 – 30	Espuma pegajosa, semi-cura
30 – 80	Tiempos largos
80 – 120	Espuma buena
120 – 150	Tiempos cortos, curación
Encima de	Risco de racho

Fuente: Corporación G.T.M Del Perú S.A.

2.3.5 CATALIZADORES DE ESTAÑO

Se ha determinado que los derivados orgánicos del estaño catalizan muy bien la reacción de gelificación. Cuando se usan en combinación con un catalizador de amina, se puede balancear mejor la reacción de expansión /gelificación. El octoato de estaño (nombre IUPAC: estaño (II) 2-etilhexanoato) es el catalizador de estaño que más se usa en la producción de espumas flexibles en bloques. (Herrington, 1997)

Por debajo del nivel mínimo de octoato de estaño la espuma se raja debido a una reacción de gelificación insuficiente, ya que la expansión resulta excesiva. Un ligero incremento en las concentraciones de octoato de estaño da una espuma bien abierta con alguna densificación. Si se incrementa la concentración del catalizador de estaño, se prevendrá la densificación y la espuma se irá haciendo más compacta. A concentraciones mayores de estaño, la espuma se encogerá ligera y considerablemente, ya que la misma se gelificará rápido dando lugar a celdas cerradas difíciles de estallar. (Herrington, 1997)

Tabla 2.10 Productos químicos que requiere el octoato de estaño.

Cambios en la formulación	Requerimientos de Octoato de estaño
Disminución de agua	Disminuye
Aumento de cloruro de metileno	Aumenta considerablemente
Disminución del índice de isocianato	Aumenta

Fuente: manual de espuma flexible de poliuretano pág.18

Los derivados orgánicos del estaño influyen fuertemente la reacción de polimerización.

La tabla siguiente muestra el efecto de la cantidad de estaño en la formación de una espuma flexible de poliuretano como porcentaje de la cantidad ideal para una cierta formulación.

Tabla 2.11 Porcentaje de estaño

% de Estaño	Efecto
0 – 30	colapso
30 – 80	rajaduras
85 – 115	Espuma boa
115 – 130	Espuma cerrada, muerta.
Encima de 140	encogimiento

Fuente: Corporación G.T.M Del Perú S.A.

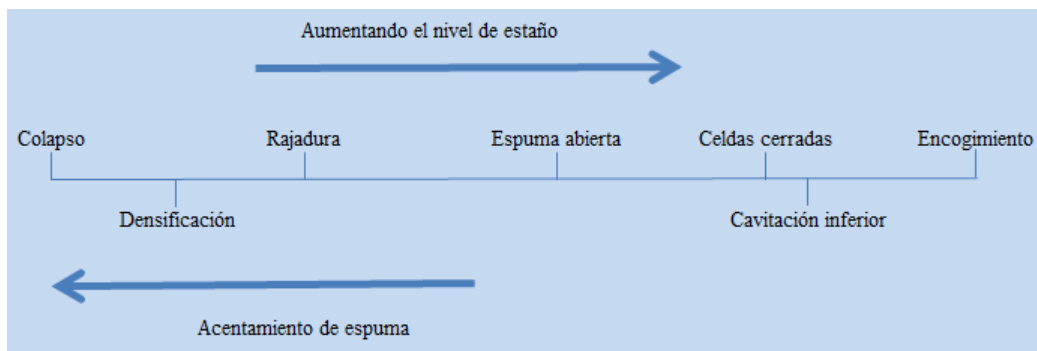


Figura 2.4 Efecto de la silicona en la espuma de poliuretano.

Las espumas con exceso de estaño presentan células muy cerradas que disminuir la elasticidad de la espuma, es decir, los valores de tensión de ruptura, estiramiento y resistencia al rasgado. Por otro lado, las células cerradas causan un aumento “artificial” de la dureza de las espumas que es rápidamente perdido durante el uso y perjudican, aún, el valor de deformación permanente de la espuma.

2.3.6 OTROS ADITIVOS

2.3.6.1 COLORANTES Y PIGMENTOS

- La concentración preferida de colorantes es de 0,05 a 0,1 pphp.
- La concentración preferida de pigmento es de 0,2 a 1,0 pphp.

Se pueden emplear colorantes tanto orgánicos como inorgánicos, los cuales pueden clasificarse:

INSOLUBLES EN AGUA

Se dispersan por lo general en un poliol o plastificante.

SOLUBLES EN AGUA

Se conocen numerosas clases suministrados como soluciones acuosas de concentración variable. Esto debe tenerse en cuenta al calcular la concentración total de agua en la formulación.

Tabla 2.12 Propiedades: Colorantes y Pigmentos

Propiedades	Color	Pigmen
Estado Físico	líquid	pastoso
Apariencia	unifor	dispers
Viscosidad, 25° C, cps	<	3000 –
Facilidades de limpieza	fácil	difícil
Solubilidad en agua	si	no
Solubilidad en poliol	si	no
Estabilidad	grand	pequeñ
Presencia de materiales	no	si

Fuente: Corporación G.T.M Del Perú S.A.

2.3.6.2 CARGAS INORGÁNICAS

Las cargas inorgánicas más usadas en formulaciones de espumas flexibles son el Carbonato de Calcio (calcita).

Las espumas con una densidad real entre:

- 23 y 35 kg / m³ “aceptan”.
- 10 y 20 kg /m³. No se recomienda el uso de carga en formulaciones de espumas flexibles con densidades críticas, es decir, entre 7 y 12 kg /m³ porque la probabilidad de rajaduras, o hasta el colapso, es muy grande.

2.3.6.3 RETARDANTES DE LLAMA

Comercialmente se puede adquirir un gran número de supresores o retardantes de llama, pero no todos son efectivos y se ha comprobado que algunos de ellos son cancerígenos.

La adición de una pequeña cantidad (hasta 2 pphp) de un retardante de llama suele tener poco o ningún efecto sobre las propiedades físicas de la espuma. A medida que la concentración se aumenta, se van notando más efectos adversos.

2.3.6.4 AGENTES DE ENTRECruzAMIENTO Y EXTENSORES DE CADENA

Estos constituyen sustancias reactivas que se pueden incorporar a la estructura del polímero por medio de reacciones químicas. Para producir espumas de una mayor capacidad de carga, se recomienda un entrecruzamiento dentro del polímero.

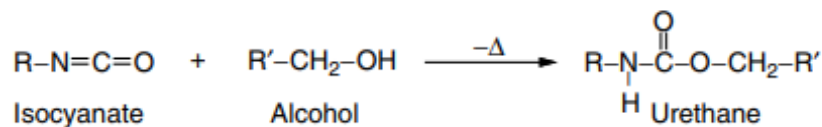
Sin embargo, como éstos suelen ser muy reactivos, es muy importante elegir cuidadosamente el agente de entrecruzamiento, concentración del mismo y la naturaleza del polioliol acompañante.

2.4 QUIMICA DE LA FORMACION DE POLIURETANOS

Para la forma la formación de poliuretano interviene más de dos reacciones, de las cuales se mencionarán dos reacciones básicas de formación de formación.

2.4.1 REACCIÓN DE GELIFICACIÓN O DE POLIMERIZACIÓN.

La reacción entre un isocianato y un alcohol, representada por:



Se conoce generalmente con el nombre de gelificación (o polimerización), puesto que el producto final, un uretano tiende a gelificarse. (Ramesh, 2004)

Estos agentes de expansión auxiliares son todos líquidos de bajo punto de ebullición y primordialmente son solventes (ver tabla 2.13).

El calor desprendido en las reacciones del isocianato con el polioli y con el agua, es más que suficiente para evaporara estos agentes de expansión. (Ramesh, 2004)

Tabla 2.13 Agentes físicos de expansión más comunes

Nombre Común	Nombre químico y fórmula	Punto de ebullición (°C)
Fluorocarburo-11 (F-11) Refrigerante-11 (R-11)	Triclorofluorometano CCl_3F	23.8
Cloruro de Metileno	Diclorometano CH_2Cl_2	40.0
Fluorocarburo-12 (F-12) Refrigerante-12 (R-12)	Diclorodifluorometan o CCl_2F_2	-29.8

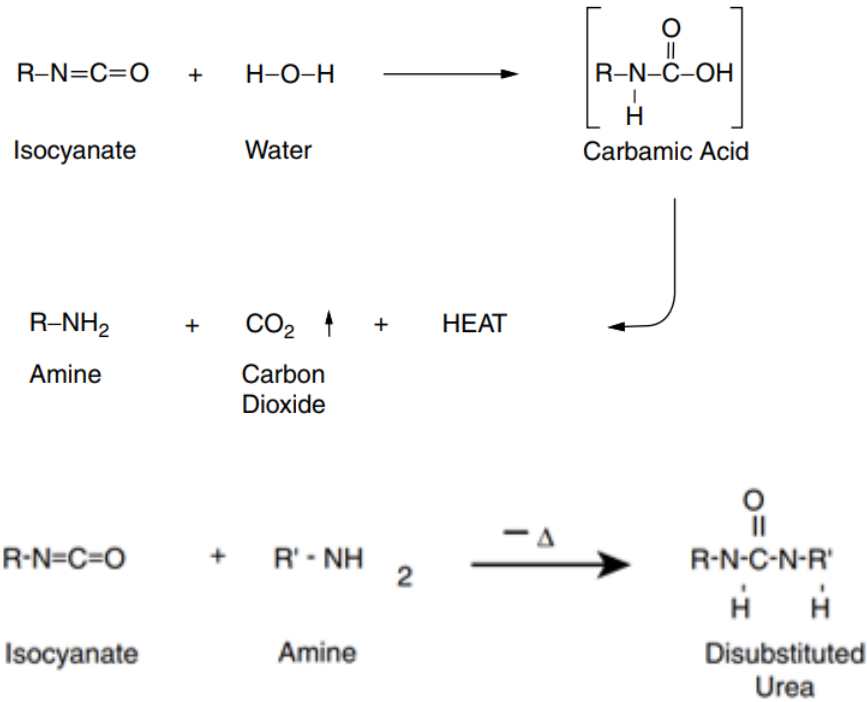
Fuente: Manual de espuma flexible de poliuretano pág. 18

b) Agente Químico de Expansión

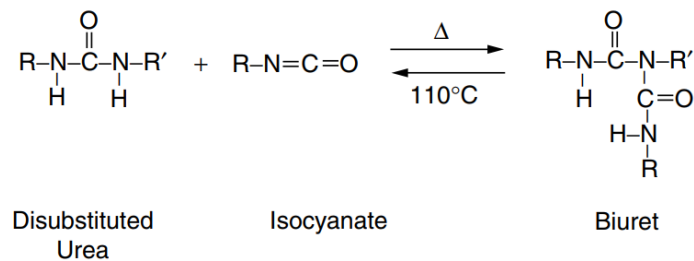
En la producción de espumas de poliuretanos se genera dióxido de carbono debido a la reacción del isocianato con el agua. Por lo tanto, el agua es el agente químico de expansión.

Ya que sufre reacción química con el isocianato para liberar un producto gaseoso, en la industria de los poliuretanos, el agua es el agente químico de espumado más usado.

La reacción entre un isocianato y agua produce primero una urea disustituída. Un producto intermedio de la reacción: el ácido carbámico, térmicamente inestable, se descompone espontáneamente produciendo CO_2 y una amina primaria que reacciona con otra molécula de isocianato para formar la urea di sustituida (Ramesh, 2004).



La reacción posterior de la urea di-sustituida con el isocianato produce un biureto:



Conviene destacar que la dureza de la espuma de poliuretano depende de la cantidad relativa de urea y alofanato presente. (Ramesh, 2004)

Tabla 2.14 Los niveles de agua y cloruro de metileno utilizados para fabricar espumas flexibles con diferentes densidades

DENSIDAD(Kg)	Agua(pphp)	Cloreto(pphp)
90	1	-
45	1.8	-
40	2	-
35	2.3	-
30	2.6	-
25	3.1	-
20	4.3	-
18	4.7	3
16	5	5
14	5.2	8
12	5.5	15
10	6.5	20
8	7	35

Fuente: Corporación G.T.M Del Perú S.A.

Los niveles arriba son aproximados y deben ajustarse de acuerdo con la altitud de la región de la fábrica, índice de TDI y nivel de octoato de estaño. Cuando el nivel de agua es mayor que 4,7 pphp (partes por cien partes de polioli) se debe utilizar cloruro de metileno para controlar la exotermia del bloque.

2.5 PROCESO FORMACIÓN DE ESPUMAS DE POLIURETANO

2.5.1 LOS COMPONENTES BÁSICOS EN UNA FORMULACIÓN DE ESPUMA DE POLIURETANO.

La formulación de espuma de poliuretano flexible normalmente contiene una gran cantidad de componentes seleccionados para ayudar a alcanzar el grado de la calidad de espuma deseado. En la tabla 2.15 se enumeran los componentes más comunes y los rangos de concentración típicos utilizados en la producción de espuma de poliuretano flexible. (Ramesh, 2004)

Tabla 2.15 Formulación básica de espuma de poliuretano

Formulation Basics for Flexible Polyurethane Foams	
Component	Parts by Weight
Polyol	100
Inorganic Fillers	0-150
Water	1.5-7.5
Silicone Surfactant	0.5-2.5
Amine Catalyst	0.1-1.0
Tin Catalyst	0.0-0.5
Chain-Extender	0-10
Cross-linker	0-5
Additive	Variable
Auxiliary Blowing Agent	0-35
Isocyanate	25-85

Fuente: (Ramesh, 2004)

2.5.2 EL PROCESO DE FORMACIÓN DE ESPUMA

A continuación, se resumen las diferentes etapas que tienen lugar durante el proceso de formación de la espuma.

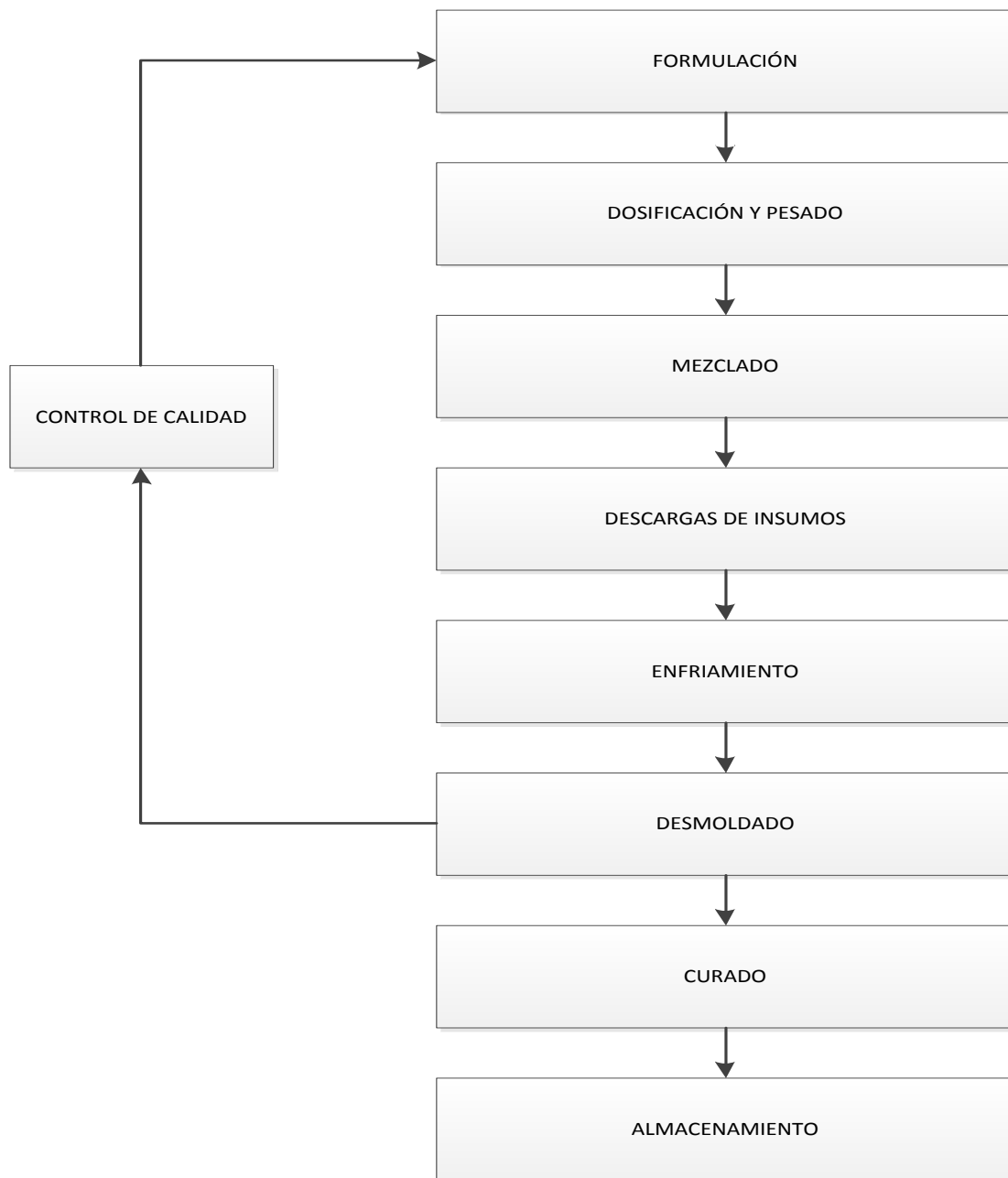


Figura 2.5 Diagrama de flujo del proceso de producción de espuma de poliuretano.

Fuente: Corporacion Surymar S.A.C

A) DOSIFICACIÓN DE LOS COMPONENTES DE LA ESPUMA Y MEZCLADO

Los componentes necesarios se dosifican (generalmente por medio de un instrumento medidor) en cantidades y proporción adecuadas y se mezclan (en la cabeza mezcladora de una

máquina o en un recipiente en caso de que la mezcla se haga manualmente). Durante el mezclado, se generan pequeñas burbujas de aire en la mezcla líquida que actúan como agentes iniciadores del sistema. Si se trata de máquinas de espuma, se inyecta una pequeña cantidad de aire en la cámara de mezclado.

B) CREMADO

Después de un corto periodo de inducción, los gases de expansión (dióxido de carbono y triclorofluorometano, o cloruro de metileno) empiezan a expandirse dentro de las pequeñas burbujas de aire agrandándolas y dándole a la mezcla de espuma una apariencia “cremosa”. El tiempo que transcurre desde que se empieza la mezcla hasta que aparece la crema, se conoce con el nombre de **tiempo de crema** que suele fluctuar entre 6-15 segundos en las espumas flexibles.

C) CRECIMIENTO

A medida que se van generando más gases de expansión, la espuma sigue creciendo y simultáneamente se hace más viscosa con la polimerización en la fase líquida. El número total de burbujas permanece constante mientras la espuma crece.

La reducción de la tensión superficial, producida por el surfactante de silicona, hace que la espuma blanda se estabilice.

D) CRECIMIENTO COMPLETO

A medida que los refuerzos de las celdas llenas de gas se consolidan, las paredes delgadas de las mismas no pueden resistir más la presión del gas. Cuando la espuma sube completamente, estas paredes delgadas se revientan y se desprenden los gases (se liberan) a través de la espuma, que está lo suficientemente gelificada y compacta para mantenerse firme, la reacción de expansión cesa, mientras la reacción de gelificación continúa. El tiempo transcurrido desde el inicio hasta que la espuma sube completamente se denomina **tiempo de crecimiento**.

E) GELIFICACIÓN

La reacción de gelificación (o polimerización) continúa hasta el punto conocido con el nombre de **tiempo de gelificación**, cuando la mezcla ha gelificado, (por lo general, 20-120 segundos después del tiempo de crecimiento). Para comprobar si un bloque de espuma se ha gelificado o no, se inserta varias veces una espátula de madera unos 2-4 centímetros dentro de la masa que está gelificando hasta que se note que ofrece alguna resistencia. Cuando la capa exterior de la espuma no es pegajosa al tacto, se ha llegado al tiempo libre de adhesividad (tiempo de tacto libre o tiempo libre de pegajosidad).

Aunque generalmente el tiempo de gelificación ocurre después del tiempo de crecimiento, en la fabricación de espuma flexible; es posible lograr lo contrario, en el caso de las espumas rígidas.

F) CURADO

Los bloques de espuma se llevan luego al área de curado donde deben permanecer por lo menos 24 horas, para asegurar una reacción de gelificación (o polimerización) total.

2.6 LA FORMULACIÓN DE ESPUMA

El conjunto de todos los componentes necesarios para elaborar la espuma, en la proporción o relación adecuada se conoce como formulación de las espumas. Las formulaciones se programan en lo general en un formato uniforme basado en 100 partes por peso de polioli.

Los demás componentes se expresan después en partes (por peso) por cien partes (en peso) de polioli abreviado como pphp. Además, la cantidad de isocianato que se emplea también se expresa en el llamado índice de isocianato o índice de TDI.

Un índice de 105 indica que se usa un 5% de exceso de isocianato, con respecto la cantidad estequiométricamente necesaria.

Tabla 2.16 Formulación típica de espuma de poliuretano

Componentes	Partes por peso pphp
Poliol (Voranol 3137)	100
Agente químico de expansión (Agua)	3.2
Agente físico de expansión (Cloruro de metileno)	28
Surfactante de sílicona	1.5
Catalizador aminico (33-LV)	0.28
Catalizador organo-metalico (T-29) o(T-9)	0.21
Isocianato (TDI 80/20)	41.4
Índice de TDI	105

Fuente: Corporación G.T.M Del Perú S.A

Las formulaciones de espuma no se aplican de modo universal en todas las máquinas de espumas o bajo diferentes condiciones de operación. Siempre resulta necesario regular perfectamente los niveles de los catalizadores. Por ello, una misma formulación puede producir espumas de diferentes propiedades físicas en diferentes lugares, bajo diversas condiciones ambientales (temperatura, humedad, etc.), en un tipo diferente de máquina o con un método diferente de formación de espuma.

También conviene destacar aquí que, la cantidad de agua que se da en la formulación se refiere a la cantidad total de la que se deberá sustraer los contenidos de humedad del polioliol, sílicona, colorante soluble en agua, etc.

2.7 EFECTO DE LAS VARIABLES DE LA FORMULACIÓN EN LAS PROPIEDADES FÍSICAS DE LA ESPUMA.

En esta sección solo se analizarán las variables químicas que se dan en una formulación típica de espuma. Las distintas variables físicas que afectan la producción de espuma se estudian en las secciones correspondientes de los capítulos que siguen.

Además de dos propiedades físicas importantes, a saber: densidad y dureza, el paso de aire través de la espuma y la procesabilidad constituyen los factores más críticos relacionados con el comportamiento de una espuma.

2.8 EFECTO DEL INDICE DE EXPANSIÓN SOBRE LA DENSIDAD

La densidad de la espuma está determinada por la cantidad de agentes de soplado presentes en la formulación. Esta cantidad se indica por medio del índice de expansión, que es el número equivalente de partes de agua por cada 100 partes de poliol.

Existe una relación empírica entre la eficiencia de expansión del agua y la del triclorofluorometano (abreviado TCFM) y también la del diclorometano (o cloruro de metilo, MEC):

1 parte de agua = 10 partes de TCFM

1 parte de agua = 8 partes de MEC

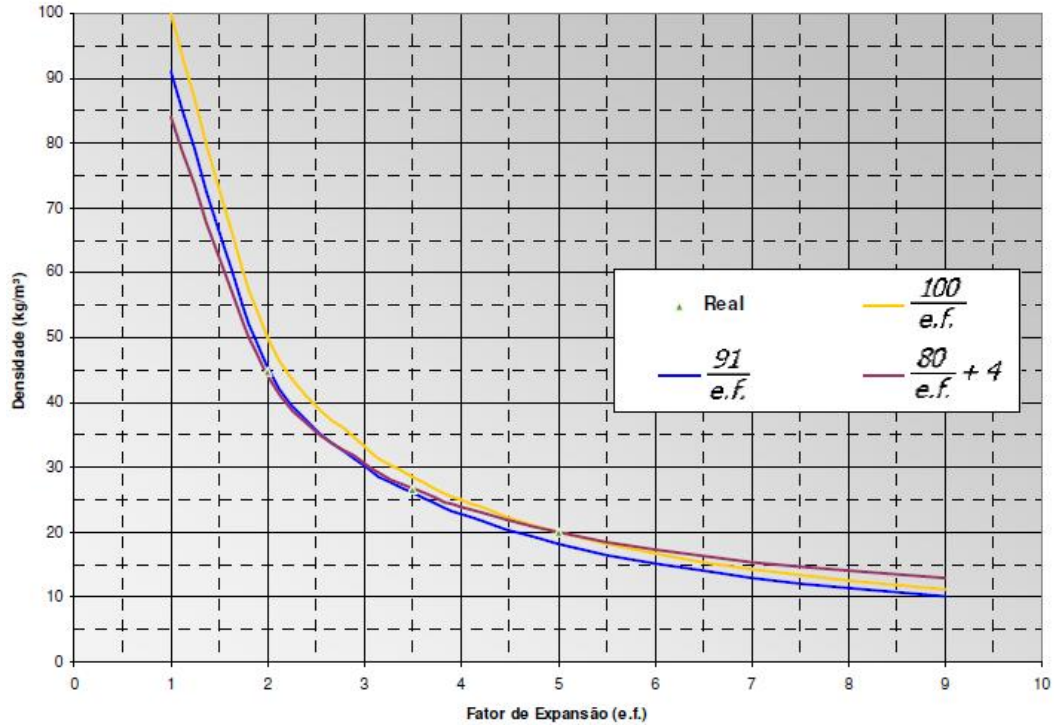


Figura 2.6 Efecto del índice de expansión en la densidad de la espuma de crecimiento libre. Fuente (Herrington & Hock, 1997)

Esta relación empírica depende completamente de las condiciones ambientales y es válida para una máquina de espuma con buen control de temperatura. En los países tropicales y lugares de gran altitud pueden presentarse algunas variaciones.

Con base en esta relación empírica de eficiencia del soplado, el índice de expansión puede definirse de la siguiente manera:

$$\text{Índice de Expansión} = \text{agua pphp} + \frac{TCFMpphp}{10} + \frac{MECpphp}{9} \quad (2.2)$$

$$\text{Índice de Expansión} = \text{agua pphp} + \frac{MECpphp}{9} \quad (2.3)$$

- $IE = \text{Agua (pphp)} + \frac{MEC (pphp)}{9} \quad (2.4)$

- Si IE es menor o igual a 4.5

Agua = IE
no usar MEC

- 1 pphp de Agua = 9 pphp de MEC
- Si IE es mayor a 4.5

$$Agua = 4.5 + [(IE - 4.5) / 2] \quad (2.5)$$

$$MEC = MEC (pphp) \times [(IE - 4.5) / 2] \quad (2.6)$$

pphp = partes por cien de poliol

En general, cuanto mayor sea el índice de expansión, menor será la densidad de la espuma. Con índices muy altos de expansión, las reducciones en densidades son mucho menores. En la figura 2.6 aparece una gráfica de densidad en función del índice de expansión.

2.8.1 PERDIDA DE GASES

En los cálculos normales de costo, se asume que toda el agua reacciona con el isocianato produciendo gas carbónico CO₂, igualmente se asume que todo el agente de expansión físico, se evapora durante y después de la producción, se puede definir de la siguiente manera:

$$g = \text{Peso del agua} \times \frac{\text{Peso molecular del CO}_2}{\text{Peso molecular de agua}} + \text{Peso ASF} \quad (2.7)$$

$$g = \text{Peso del agua} \times \frac{44}{18} + \text{Peso ASF} \quad (2.8)$$

$$g = \text{Peso del agua} \times 2.44 + \text{Peso ASF} \quad (2.9)$$

2.8.2 EFECTO DE LAS CLASES DE AGENTES DE EXPANSIÓN SOBRE LA DUREZA DE LA ESPUMA.

La formación de una urea di-sustituida y en menor grado, de un biuret y un alofanato, contribuyen a la dureza de la espuma entrecruzándola aún más.

Un aumento del nivel de agua en la formulación aumenta el contenido de urea, aumentando de esa forma la dureza de la espuma, al mismo tiempo, la densidad de la espuma también disminuye y los refuerzos de las celdas de espuma se hacen más pequeños y más débiles reduciendo así su capacidad de carga.

Aunque el efecto general se manifiesta en un aumento general de la dureza, cuando se aumenta el agua en el índice total de expansión, se puede obtener un punto en que el segundo efecto toma la precedencia. Lo cual resulta en la curva de dureza que aparece en la figura 2.7.

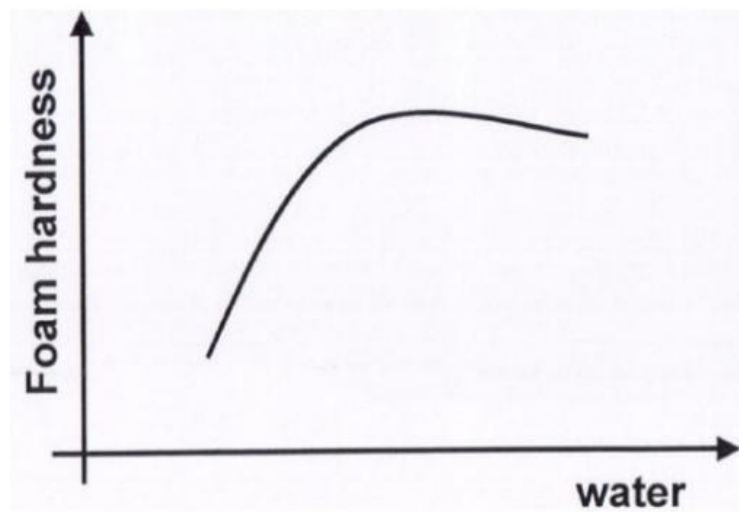


Figura 2.7 Variación de la dureza de la espuma de acuerdo con el nivel de agua.

A niveles bajos de agua, cambios en su cantidad dentro de una formulación determinada usualmente producen un efecto más marcado en la dureza.

Los agentes físicos de expansión tales como el TCFM y MEC no reaccionan con el isocianato. Consecuentemente, el segundo efecto antes mencionado prevalece y un aumento en la cantidad de agentes físicos de expansión produce, como resultado, una disminución de la dureza de la espuma. Esto aparece en la ilustración de la figura 2.8.

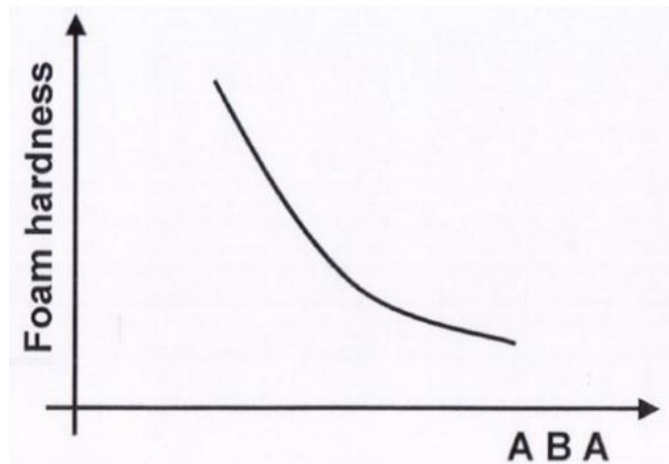


Figura 2.8 Variación de la dureza de la espuma de acuerdo con el nivel del agente de expansión físico.

2.8.3 EFECTO DEL INDICE DEL ISOCIANATO SOBRE LA DUREZA DE LA ESPUMA.

La selección correcta del índice de isocianato en una formulación de espuma tiene una gran influencia sobre la dureza de la misma.

En la producción de espuma flexible en forma de bloques, el índice de isocianato fluctúa generalmente entre 105 y 115, con lo cual la dureza de la espuma puede controlarse de forma segura y fácil. En general, la espuma se vuelve más dura a medida que aumenta el índice. Sin embargo, hay un punto a partir del cual, la dureza no aumenta considerablemente véase en la figura 2.9, mientras que otras propiedades físicas tales como la elongación, la resistencia a la tracción y la resiliencia empeoran.

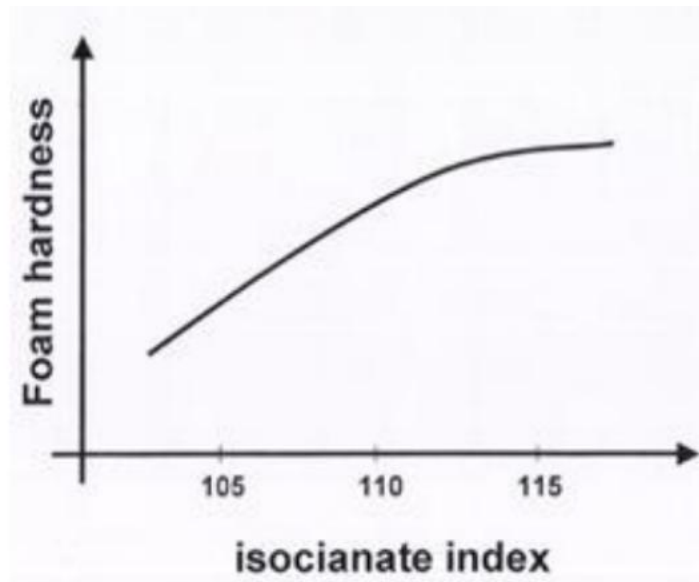


Figura 2.9 Variación de la dureza de la espuma de acuerdo al índice de isocianato.

El índice de isocianato se encuentra generalmente entre 85-110 para moldeo de espumas flexibles, tanto de curado en caliente como en frío/alta resiliencia. A diferencia de las espumas flexibles de crecimiento libre, la variación de la dureza resulta menos aparente debido a la variación del índice de TDI, puesto que la sobre carga de los moldes que varía de ligera a excesiva produce efectos más notorios.

2.8.4 REACCIÓN EXOTÉRMICA

Las reacciones exotérmicas de los isocianatos con agua y polioles se aceleran considerablemente en presencia de catalizadores de amina y de estaño y son las causas de la mayor parte, si no de todo el calor que se genera durante y después del proceso de formación de espuma.

Como la cantidad de isocianato que se requiere para la reacción con polioles es constante a un determinado índice, la variable real que regula el calor en la formación de la espuma es la concentración de agua en la formulación. Cuanto mayor sea el nivel de agua, más exotérmica será la reacción, podemos decir que una formulación con 5,00 partes de agua por cien de polioliol y ningún agente físico de expansión, produce una reacción exotérmica que aumenta la temperatura interna máxima de la espuma a 160 – 165 °C aproximadamente. A su vez la misma formulación

puede alcanzar mayores temperaturas en condiciones ambientales más calientes y con celdas más cerradas.

Cierta decoloración y chamuscado constituye índices preventivos de que puede ocurrir un incendio, estando el umbral del mismo alrededor de los 170 – 175 °C. el fuego puede ocurrir cuando se trata de producir espuma dura de baja densidad con pocos o con ningún agente físico de expansión. Empleando un índice mayor de isocianato que genere calor adicional, es probable llegar a sobrepasar el umbral, aun con un nivel de agua que esté ligeramente por debajo de 5,0 pphp. La figura 2.10 nos muestra el efecto del nivel de agua sobre la reacción exotérmica.

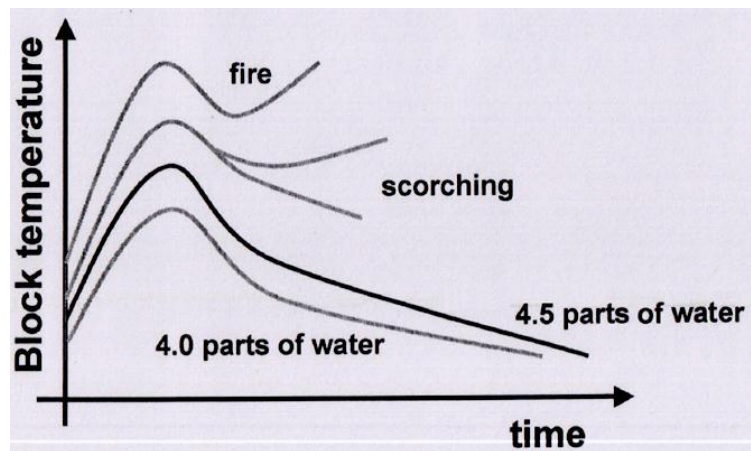


Figura 2.10 Reacciones exotérmicas a diferentes concentraciones de agua (No está a escala).

La reacción exotérmica (es decir la forma de la curva de la figura 2.10) depende igualmente de las dimensiones del bloque, del lugar y la forma en que se almacene dentro de las primeras 24 horas, de las condiciones ambientales, además del nivel de agua y del índice de isocianato de la formulación.

2.9 SISTEMA DE PRODUCCIÓN DE ESPUMA DE POLIURETANO

Existen varias técnicas para producir espumas de poliuretano, con las cuales la formulación se controla de forma que produzca las propiedades físicas deseadas, en la sección siguiente se describen las tres técnicas de producción empleadas en la actualidad.

2.9.1 EL SISTEMA DE UNA ETAPA.

Esta técnica emplea dosificación y bombeo simultaneo de los componentes, los cuales se preparan en un número de componentes líquidos o caudales que van al mezclador de donde se mezclan bien y luego se esparcen. El número de componentes o caudales suele ser de cuatro a once. Un sistema típico de una etapa puede representarse esquemáticamente de la siguiente manera.

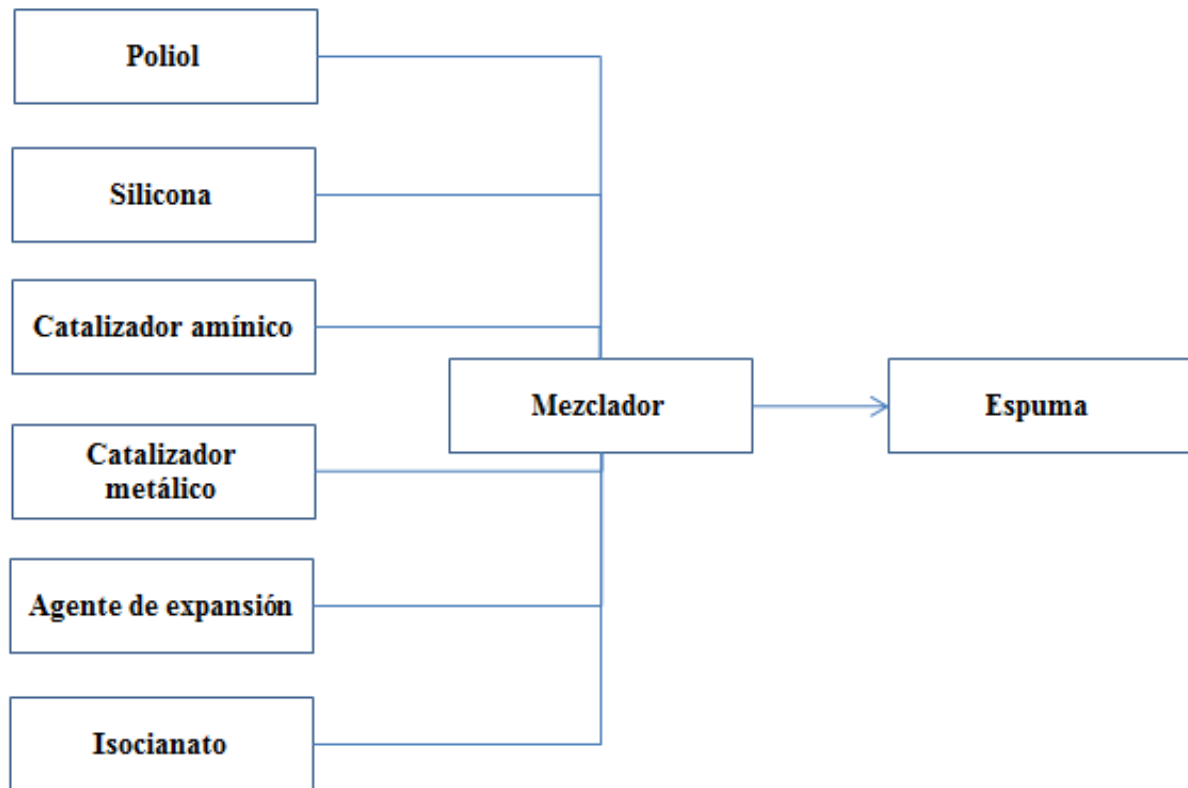


Figura 2.11 Sistema de una etapa.

La mayoría de las máquinas modernas de producción de espuma flexible en bloques (continua) se han diseñado con base en este sistema.

2.9.2 EL SISTEMA DE DOS COMPONENTES

En este sistema, todos los componentes. Con excepción del isocianato, se mezclan previamente se hace después de reaccionar con esta pre-mezcla, según aparece a continuación.

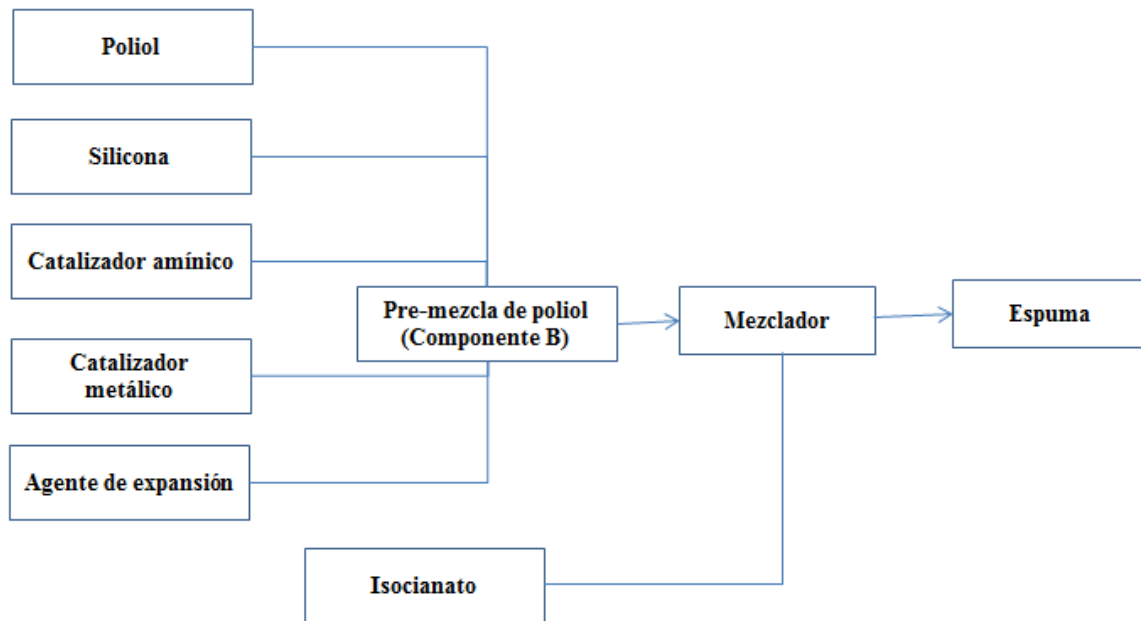


Figura 2.12 Sistema de dos componentes.

La ventaja de este sistema radica en que sólo dos componentes entran en la cámara de mezcla. También resulta cómodo para producir espumas por procesos discontinuos.

Sin embargo, los cambios de la formulación cuestan trabajo y muy a menudo, la pre-mezcla del polioliol (componente se tiene que volver a formularse, el único control químico sobre el proceso consiste en la proporción del componente A componente B.

Al producir espumas flexibles de poliuretano, la hidrólisis de catalizadores de estaño (II) pueden constituir un problema, cuando se mezclan en el componente B con agua. El empleo de catalizadores organometálicos hidrolíticamente estables como FOMREZ UL-1 (Witco Chemical) pueden erradicar este problema.

Este es el sistema que se usa corrientemente para producir bloques de espuma flexible en cajón y espumas moldeadas, al igual que espumas rígidas.

2.9.3 EL SISTEMA CUASI-PREPOLÍMERO

Para preparar un verdadero prepolímero, todo el polioliol se hace reaccionar con el isocianato, con el fin de obtener una mezcla que contenga un exceso de isocianato. La reacción entre el isocianato en exceso y el agua produce finalmente una espuma de poliuretano. Este proceso de prepolímero se empleó en la producción de espuma flexible antes que se desarrollara la idea del sistema de una etapa. Este proceso no puede aplicarse a la producción de espuma rígida y que el pre-polímero resultante tiende a ser demasiado viscoso. El cambio de este proceso al de cuasi-prepolímero, haciendo reaccionar sólo parte del polioliol con el isocianato, resulta en un sistema más fácil de manipular.

El sistema de cuasi-prepolímero, que contiene un exceso de isocianato mayor que el sistema de prepolímero, se trata después con la parte restante del polioliol y los demás componentes. Esta reacción en dos etapas se puede controlar mejor, los componentes resultan más compatibles y el calor de reacción se distribuye en dos etapas, de forma que el riesgo de chamuscado es mucho más bajo debido a que el proceso requiere una etapa adicional, la espuma resultante suele ser más costosa.

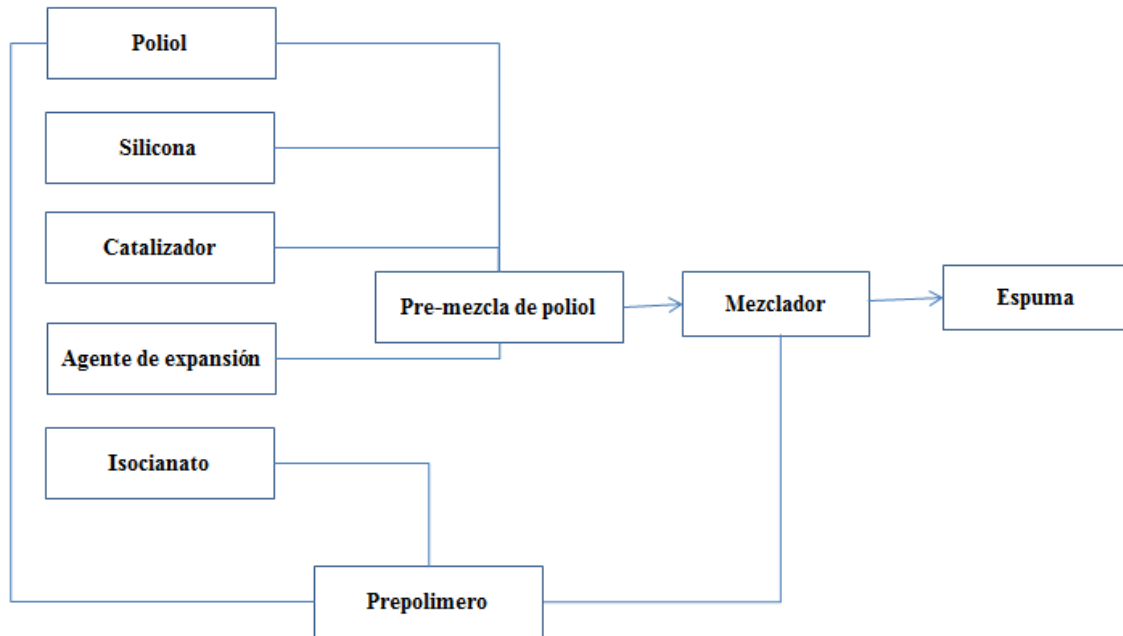


Figura 2.13 Sistema de una etapa.

2.9.4 PRODUCCIÓN DE ESPUMA FLEXIBLE DE POLIURETANO EN BLOQUES

Más de la mitad de la producción de espuma de poliuretano se efectúa en forma de bloques flexibles debido a su alta demanda y mayor aplicación. La mayor parte de las espumas se elaboran con máquinas de espumado continuo, aunque el espumado discontinuo en cajón constituye una solución viable para la fabricación de espumas de inferior calidad, sin necesidad de una inversión de capital muy grande.

2.10 TIPOS DE MÁQUINAS ESPUMADORAS.

A pesar de las mejoras considerables que se han efectuado en el diseño mecánico, a lo largo de los años, las máquinas espumadoras en la actualidad todavía operan basadas en los principios básicos:

1. Bombeo exacto de los componentes que irán al cabezal mezclador.
2. Mezclado y dispersión eficiente de los componentes en el cabezal mezclador.
3. Descarga de la mezcla sobre una banda transportadora, o a un cajón.

Basándose en las presiones en las líneas del isocianato y del polioliol, las máquinas espumadoras pueden clasificarse en:

1. Máquina de alta presión

Los componentes se inyectan a la cabeza mezcladora con una presión de 21-210 kg/cm² (o 300-3000 lb/pulg²).

2. Máquina de baja presión

Un agitador diseñado específicamente para funcionar a 2000-6000 rpm, asegura que los componentes se mezclen adecuadamente. Las presiones de la línea están usualmente por debajo de 14 kg/cm² (200 psi).

Ambos tipos han tenido gran aceptación, tanto en la producción en bloques como en la de moldeados.

Existen tres tipos en la fabricación de espuma de poliuretano flexible, estos son:

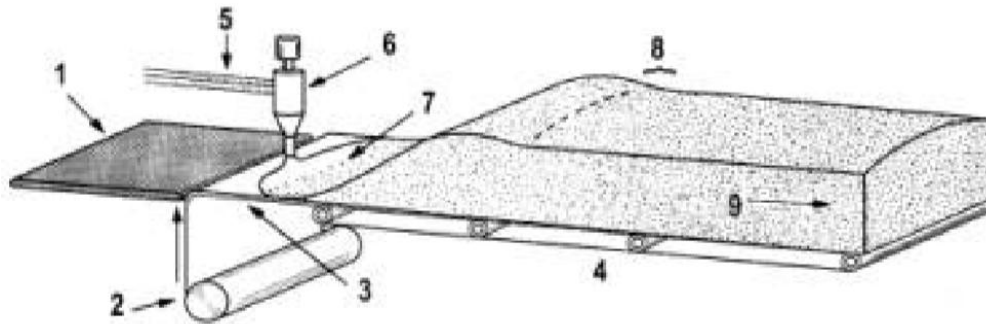
- Proceso continuo
- Proceso automático de cajón (discontinuo)
- Proceso manual

2.11 PROCESO CONTINUO

2.11.1 Proceso Convencional:

El proceso continuo convencional es el más antiguo, pero todavía ampliamente utilizado. Es muy versátil y permite la producción de espumas de poliéter o poliéster, con densidades desde 14 a 120 kg / m³. Las largas correas se utilizan en la fabricación de bloques grandes, con una producción de 6 a 8 m / min. Estas máquinas son grandes, caras y se utilizan cuando la producción supera las 15.000 t/a. Las espumas no presentan agujeros y cuando se opera con TDI bajo alta presión, se obtienen espumas con estructura celular más uniforme.

El proceso consiste en bombear, en caudales controlados, los reactivos a través de una cabeza mezcladora de movimiento transversal, donde son mezclados y nucleados mecánicamente, bajo alta o baja presión, y distribuidos en el fondo de un lecho horizontal que se mueve continuamente. El lecho horizontal está constituido de una larga cinta inclinada, con velocidad controlada, revestida en el fondo por una hoja horizontal y lateralmente por hojas verticales de papel o plásticos (Figura 2.14). Después de unos pocos segundos la masa reactiva se vuelve cremosa y en cerca de dos minutos la espuma crece. La espuma es transportada por 4 a 6 minutos, para que se procese la curación y se corta a continuación. Sin embargo, la distribución uniforme de la mezcla reactiva no es suficiente para la obtención de bloques con sección transversal rectangular. Durante el crecimiento, los efectos de arrastre y enfriamiento en las paredes laterales, llevan la obtención de espuma, con una sección transversal abombada en la parte superior. Esto implica pérdidas de hasta 20% en el proceso de corte de la espuma.



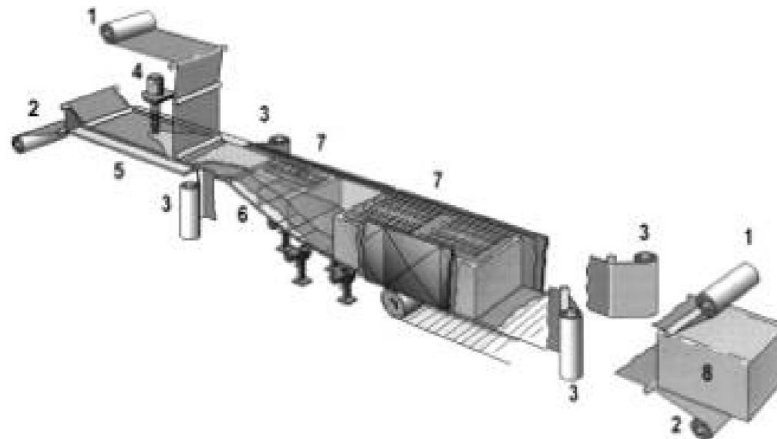
1) Operadores de plataformas; 2) Alimentación de papel 3) bandeja de derrame, 4) Faja Transportadora; 5) Componentes; 6) Mezclador transversal Head, 7) Zona de crema; 8) Respirador, 9) bloque de espuma.

Figura 2.14 Proceso convencional

2.11.2 Procedimiento Hennecke / Planiblock

Durante años, los procesos se han desarrollado para resolver el problema de la parte superior, y reducir las pérdidas a alrededor del 10%. En el proceso Hennecke / Planiblock (Figura 2.15) la espuma está cubierta con papel desde la crema hasta el crecimiento total. En el túnel de espuma que está dotado de succión, el papel se presiona contra la parte superior de la espuma por un sistema para aplanar la parte superior, constituido por placas con pesos ajustables. El peso de las placas está cuidadosamente regulado para evitar daño a las células de la espuma en crecimiento.

El papel también actúa como aislante y reduce la pérdida de gas durante el crecimiento de la espuma. Este hecho se traduce en una piel más fina de la parte superior. Con este proceso se obtienen bloques rectangulares con top plano y un mínimo de piel. Sin embargo, este proceso requiere bastante experiencia del operador, pues el papel que cubre la espuma y dificulta la visualización de fallas en el bloque durante las etapas de crecimiento y gel. El costo de capital del proceso es medio y, en condiciones ideales, las pérdidas son cerca del 11%.



Sistema de papel parte superior; 2) Sistema de papel parte inferior; 3) sistema de papel laterales; 4) Mezclador; 5) bandeja de derrame; 6) Transportadores, 7) Dispositivo para el cepillado de la parte superior; 8) Espuma.

Figura 2.15 Proceso Hennecke

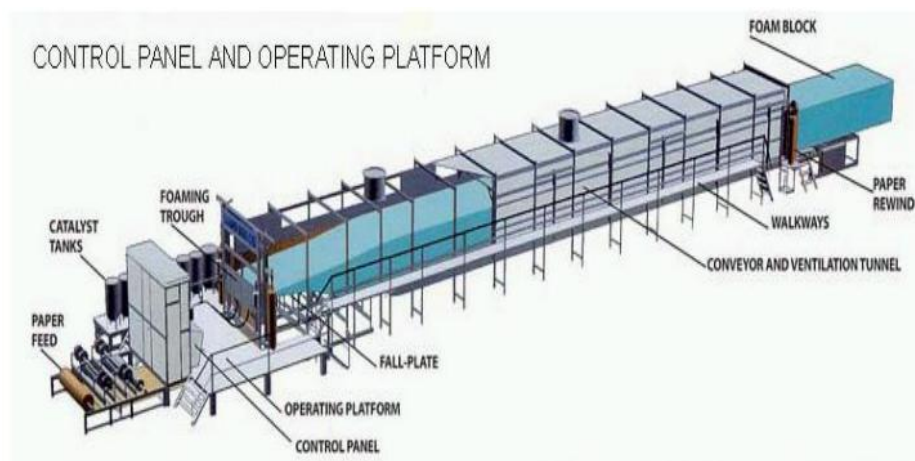


Figura 2.16 Panel de control y la plataforma de operación de una máquina continua.

Fuente: Corporación Surymar S.A.C.



Figura 2.17 Producción de bloques máquina continua.

Fuente: Corporación Surymar S.A.C.

2.11.3 PROCESO AUTOMÁTICO DE CAJÓN

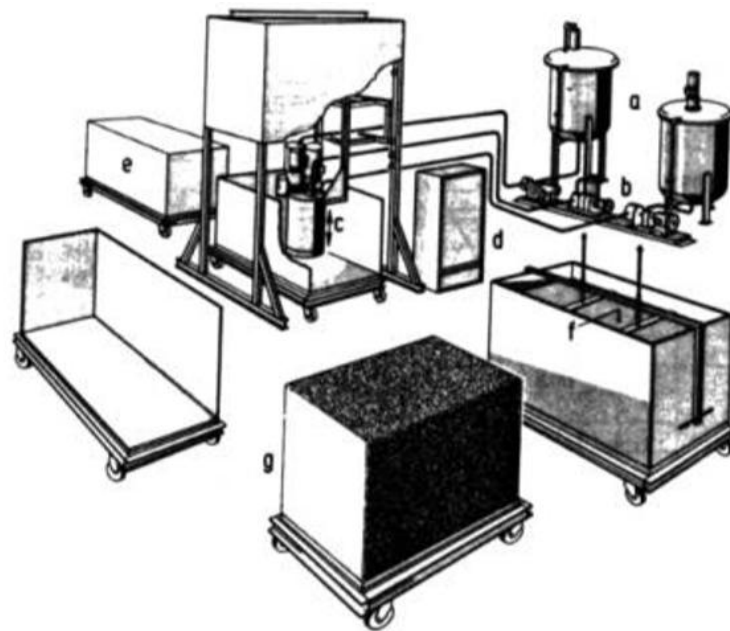
En estos procesos los bloques de espuma son fabricados individualmente, siendo los más recomendados cuando la escala de producción no es muy grande. A continuación, se describen: el proceso discontinuo convencional (cajón), que es el más antiguo y más utilizado, y el proceso con variación de presión.

El proceso discontinuo convencional (cajón) para la fabricación de espumas flexibles en bloques individuales es el más utilizado en Brasil es un proceso simple, económico y semejante al procedimiento usualmente empleado en laboratorio, producción de pequeñas cantidades de diferentes espumas, son fábricas pequeñas empleando mano de obra poco especializada, permite la fabricación de bloques rectangulares y cilíndricos. Y las siguientes desventajas:

- 1) menor producción que los procesos continuos.
- 2) pérdidas que pueden llegar al 20% debido a la piel gruesa.
- 3) estructura celular de menor calidad.
- 4) variación de las propiedades a lo largo del bloque.

5) menor repetibilidad en las propiedades de los bloques.

En este proceso, normalmente se hace la mezcla de la masa reactiva en un reactor (mezclador) dotado de agitación mecánica eficiente. A continuación, se realiza la transferencia rápida a un recipiente mayor (cajón), antes de que se produzca un aumento significativo de la viscosidad de la mezcla (Figura 3.8). Es importante evitar la formación de burbujas de aire durante la fuga de la mezcla, ya que puede acarrear fallas en la estructura de la espuma. El crecimiento de la espuma se suele hacer en un cajón de madera o metal, con superficies planas laterales articuladas, y cubierto por un sistema de tapa móvil. El efecto de la tapa móvil y el movimiento viscoso en las paredes del cajón conducen a la obtención de espumas con densidades mayores que las que se obtendrán por el proceso continuo. Este fenómeno se puentea mediante el ajuste de la formulación utilizada



42) Tanques de materias primas, b) Sistema de dosificación, c) Mezclador, d) Panel de control, e) Molde, f) Tapa flotante, g) Bloque de espuma

Figura 2.18 Proceso discontinuo de fabricación de espumas en bloque

PROCEDIMIENTO:

1) las cantidades calculadas: poliol; carga, agente de expansión auxiliar, y colorantes se mezclan en un recipiente (Reactor) con vigorosa agitación (800 a 1200 rpm) durante aproximadamente 1 minuto.

2) está hecho la adición de la ASA (mezcla de agua / silicona / amina) y continúa agitando por 20 a 40 segundos

3) El catalizador de octoato de estaño II se añade y, después de 15 a 30 segundos, coloca el TDI

4) Después de la adición del TDI, la agitación se interrumpe y la masa se vierte en el cajón recubierto con desmoldante

5) El mezclador se quita y la tapa del cajón bajada

6) Después del crecimiento de la espuma (alrededor de 3 minutos) la caja se abre y se retira el bloque de espuma.

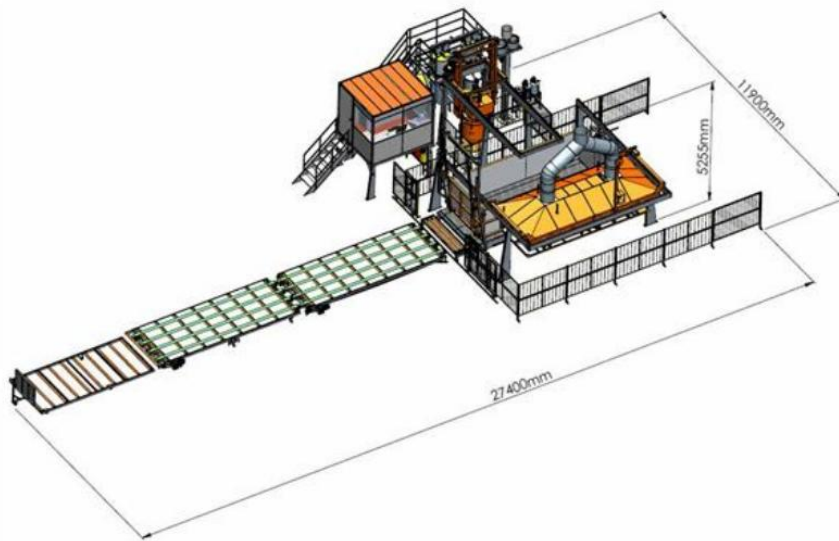


Figura 2.19: Máquina automática discontinua de cajón.

Fuente: Corporación Surymar S.A.C.

Esta máquina consta de las siguientes partes: 01 cabina de comando, 04 balanzas electrónicas, 01 reactor, 01 molde con base de transportador, 01 cúpula c/tapa planiblock y extractor y 03 transportadores de curado.

El proceso de producción en esta máquina se maneja desde la cabina de comandos mediante un programa computarizado, donde se puede realizar las siguientes acciones:

- Crear, modificar y programar fórmulas para la producción del día.
- Maniobrar las partes móviles de la máquina, tales como: reactor, cúpula, molde y transportadores.
- Crea un código único de identificación para cada bloque.
- Programa el bloque de espuma del color que se desee.
- Registra la temperatura de insumos en cada balanza y del ambiente.
- Registra el peso de los insumos de cada fórmula programada.
- Registra el peso de cada bloque producido.
- Registra el parámetro de relajación de cada bloque producido.
- Registra la altura máxima del bloque producido.

Este proceso de producción de espuma se resume a continuación:

a. En la primera etapa del proceso, las materias primas almacenadas en tanques, son pesados en 3 balanzas según el orden de mezcla y vaciado. La máquina trabaja con un sistema de doble pesado (2 fórmulas continuas).

b. Tras el vaciado del primer bloque en los siguientes depósitos, las balanzas quedan vacías para así pesar el siguiente bloque. A continuación, se da inicio al proceso de mezclado de insumos dentro del reactor, trasladándolo sobre el molde de cajón donde será vaciada la mezcla reaccionante.

c. Después de verter el contenido del reactor en el molde, este retorna al punto inicial para vaciar las balanzas en los reservorios secundarios. Una vez vacío, las balanzas inician el pesado del siguiente bloque. La mezcla polimérica vertida en el molde empieza a reaccionar después de la última mezcla. En consecuencia, se produce un aumento de volumen y viscosidad del material hasta finalizar en la reacción de expansión.

d. El molde tiene un sistema planiblock dando forma cuadrada al producto. Luego de terminada la reacción de expansión, inicia la apertura de molde para transportar el bloque a la cancha de curado donde deben reposar, al menos, 24 horas y con una separación de 30 cm.

Transcurridas 24 horas, los bloques se trasladan al almacén donde permanecen a la espera que se proceda al corte según los requerimientos.

2.11.4 PROCESO MANUAL

Este proceso manual de producción de espuma se puede entender como un proceso de producción manual debido a que todos los mecanismos están supeditados a la intervención del personal. Entre estas labores se destaca: Pesado de insumos, montaje y desmontaje de molde.

Se cuenta con un reactor ver figura 2.20, dos moldes con medida regulable y un molde cilíndrico para la fabricación del producto según el programa de producción. La mayor medida del molde cuadrado es 2.16m x 2.35m con altura máxima de 46 pulgadas. El proceso de producción se resume como sigue:

- a) Los insumos son pesados en 2 balanzas electrónicas.
- b) En bateas de mayor volumen (20 L) se pesan polioliol y TDI. En una batea de menor volumen (4 L) se pesa los activadores: agua, silicona (surfactante), amina (catalizador), glicerina (cross linker) y cloruro de metileno. Luego son premezclados y vertidos en la batea de Polioliol. En una probeta se pesa el activador final, Octoato de estaño. T-29
- c) Mediante un teclé se coloca el reactor sobre el molde, para luego verter la pre-mezcla de polioliol y activadores. Después se da inicio a la primera mezcla que dura entre 60-120 segundos.
- d) Luego de la primera mezcla se adiciona el activador final, octoato de estaño (catalizador) en la batea con TDI y seguidamente se vierte dentro del reactor que contiene polioliol más activador, dando el último batido que dura entre 5-7 segundos.
- e) Después de terminada la mezcla final, el reactor vacía la mezcla reaccionante para dar espacio a la reacción de expansión y formación de un bloque de espuma.

f) Terminada la reacción de expansión se desmonta el molde y se acondiciona para la producción siguiente bloque.

g) Los bloques producidos se trasladados a la cancha Transcurridas 24 horas, los bloques se trasladan al almacén donde permanecen a la espera de que se proceda al corte según los requerimientos



Mezclador

Figura 2.20 Proceso discontinuo de fabricación de espumas en bloque

Fuente: Corporación Surymar S.A.C.



Molde

Figura 2.21 Proceso discontinuo de fabricación de espumas en bloque

Fuente: Corporación Surymar S.A.C.



Bloque de espuma

Figura 2.22 Proceso discontinuo de fabricación de espumas en bloque

Fuente: Corporación Surymar S.A.C.

CAPÍTULO III

DESCRIPCIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO

3.1 PROCESO DE PRODUCCIÓN

El proceso de formación de espuma de poliuretano involucra las siguientes etapas:

a) Dosificación y mezcla de los componentes

Las cantidades determinadas de los componentes de la formulación (entre 6 y 12) son pesadas y mezcladas en un equipo apropiado y dispensadas en un molde.



Figura 3.1 Agitación de la mezcla.

Fuente: Corporación Surymar S.A.C.



Figura 3.2 Dispersión de la mezcla
Fuente: Corporación Surymar S.A.C.

b) Crema

La mezcla de líquidos queda saturada con el dióxido de carbono, que se forma en la reacción del agua con el isocianato, dando al líquido una apariencia cremosa. Este fenómeno ocurre entre 6 y 20 segundos después de la mezcla de los componentes.

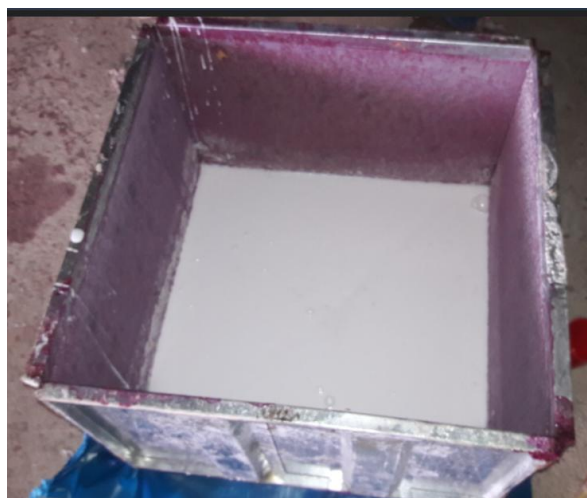


Figura 3.4 Inicio de tiempo de cremado
Fuente: Corporación Surymar S.A.C.

c) Crecimiento

La formación continua de dióxido de carbono hace que la masa en polimerización se expanda hasta alcanzar su crecimiento total que depende de la cantidad total de agua y agentes físicos de expansión presentes en la formulación. Este proceso se completa entre 60 a 120 segundos después de la mezcla de los componentes.



Figura 3.5 Crecimiento

Fuente: Corporación Surymar S.A.C..

d) Cura

Los bloques de espuma se extraen del molde y se transfieren a un área de curación donde deben permanecer por un período mínimo de 24 horas antes de su manipulación.



Figura 3.6 Desmoldado

Fuente: Corporación Surymar S.A.C.



Figura 3.7 Curado

Fuente: Corporación Surymar S.A.C.

RESUMEN DE LOS EVENTOS QUE TIENEN LUGAR DURANTE LA FORMACIÓN DE ESPUMA DE POLIURETANO.

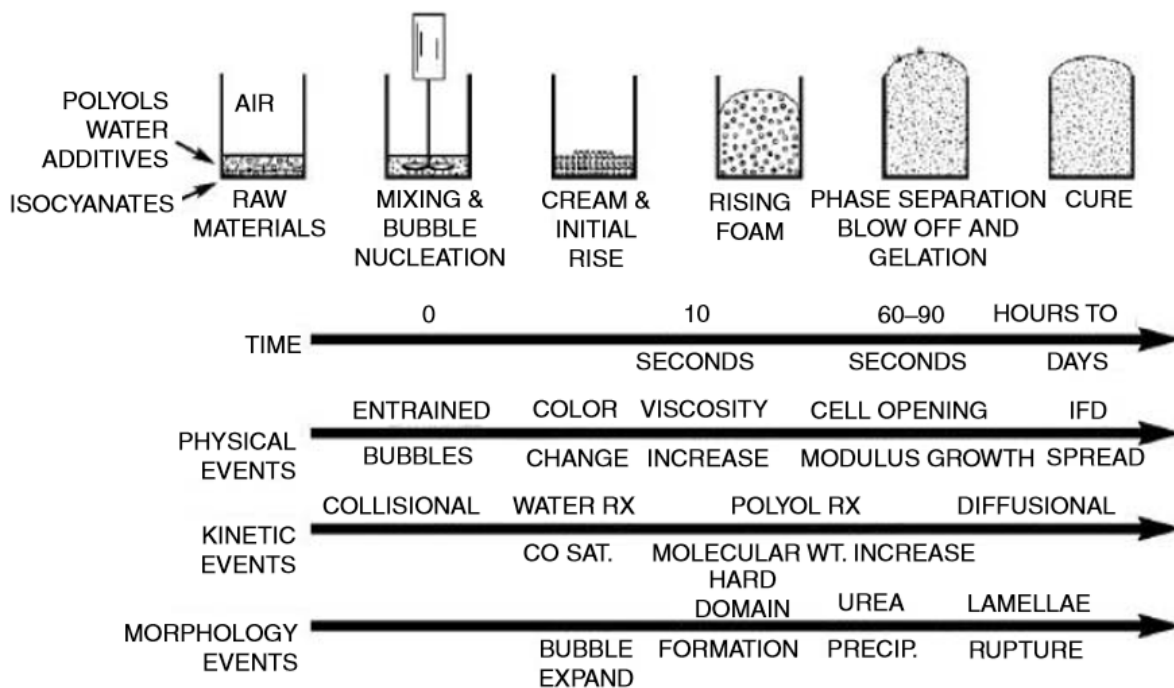


Figura 3.8 Eventos generales que conducen a una espuma de poliuretano. Flexible Polyurethane Foams Editores Ron Herrinton Kathy Hock.

3.2 VARIABLE DE PROCESO PRODUCTIVO.

Los insumos con los que se cuenta la empresa, tienen diferente procedencia, marca y composición, el cual no viene detallado en la ficha técnica, por lo cual se convierte en variable importante en la formulación y generación de calidad de producto.

A continuación, se presenta las variables más notables:

VARIABLES QUÍMICAS.

- Polioli
- Isocianato
- Agente expansión
- Catalizadores
- Surfactantes
- Aditivos
- Índice de TDI

VARIABLES MECÁNICAS

- Equipo
- Dosificación
- Reactor de mezcla
- Velocidad de mezcla (tiempos)
- Descarga

3.2.1 CÁLCULOS FORMULACIONES (PARTE TEÓRICO)

CÁLCULO DEL TDI

El cálculo más importante para la fabricación de espumas flexibles de PU es la determinación de la cantidad de isocianato para una cierta formulación. Se obtiene de acuerdo con la siguiente

fórmula: (Lonescu, Chemistry and Technology of Polyols for Polyurethane, 2nd Edition Volumen 1, 2016)

CALCULO DE LOS REQUERIMIENTOS DE ISOCIANATO

Peso equivalente de una sustancia (P.E)

$$P.E = \frac{\text{Peso Molecular}}{\text{Funcionalidad}} \quad (3.1)$$

FUNCIONALIDAD: Es el número de grupos reactivos en una molécula.

$$\begin{aligned} \text{Porcentaje de OH} &\rightarrow (\%OH) \\ \text{Peso Molecular} &\rightarrow 100\% \\ 17 \times \text{Funcionalidad} &\rightarrow \% OH \end{aligned}$$

$$\%OH = \frac{17 \times \text{Funcionalidad} \times 100 \%}{\text{Peso Molecular}} \quad (3.2)$$

$$\%OH = \frac{17 \times 100 \%}{P.E(\text{poliol})} \quad (3.3)$$

NÚMERO DE HIDROXILAS (N° OH):

Es el número de miligramos de hidróxido de potasio (KOH=56.1 g/mol) equivalente al contenido de hidroxilo en un gramo de poliol. (Lonescu, Chemistry and Technology of Polyols for Polyurethane, 2nd Edition Volumen 1, 2016)

$$\begin{aligned} \text{Peso Molecular} &\rightarrow 1000 \\ 56.1 \times \text{Funcionalidad} &\rightarrow N^\circ OH \end{aligned}$$

$$N^\circ OH = \frac{56.1 \times \text{Funcionalidad} \times 1000}{\text{Peso Molecular}} \quad (3.4)$$

$$N^\circ OH = \frac{56100}{P.E(\text{poliol})} \quad (3.5)$$

$$P.E(\text{poliol}) = \frac{1700}{\%OH} = \frac{56100}{N^\circ OH} \rightarrow N^\circ OH = \%OH \times \frac{56100}{1700} \quad (3.6)$$

$$N^\circ OH = \%OH \times 33 \quad (3.7)$$

PESO EQUIVALENTE DE UN ISOCIANATO

$$\begin{aligned}
 P.E_{(Isocianato)} &\rightarrow 100\% \\
 42.02 \text{ (Peso NCO)} &\rightarrow \% \text{ NCO}
 \end{aligned}$$

$$P.E_{(TDI)} = \frac{\text{Peso molecular del TDI}}{\text{Número de grupos NCO}} \quad (3.8)$$

$$P.E_{TDI} = \frac{174.16}{2} = 87.08$$

$$N^{\circ}E = N^{\circ} \text{ de equivalentes de una sustancia} = \frac{\text{Peso (sustancia)}}{P.E \text{ (sustancia)}} \quad (3.9)$$

$$N^{\circ}E_{TDI} = N^{\circ}E_{Poliol} + N^{\circ}E_{Agua} \quad (3.10)$$

$$\frac{\text{Peso (TDI)}}{P.E_{TDI}} = \frac{\text{Peso (Poliol)}}{P.E_{Poliol}} + \frac{\text{Peso (Agua)}}{P.E_{Agua}} \quad (3.11)$$

$$\frac{\text{Peso (TDI)}}{87.08} = \frac{\text{Peso (Poliol)}}{\frac{56100}{N^{\circ}OH}} + \frac{\text{Peso (Agua)}}{2} \quad (3.12)$$

$$\frac{\text{Peso (TDI)}}{87.08} = \frac{\text{Peso Poliol} \times N^{\circ}OH}{56100} + \frac{\text{Peso (Agua)}}{9.0075} \quad (3.13)$$

$$\text{Peso (TDI)} = \frac{\text{Peso Poliol} \times N^{\circ}OH}{56100} + \frac{\text{Peso Agua}}{9.0075} \quad 87.08 \quad (3.14)$$

$$\text{Peso TDI} = \text{Peso Poliol} \times N^{\circ}OH \times 0.00155 + \text{Peso Agua} \times 9.6675 \quad (3.15)$$

CALCULO DEL ÍNDICE DE EXPANSIÓN. I.E

Para registrar una nueva formulación, se tiene que partir de la curva de Densidad Vs Índice de Expansión Figura 2.6.

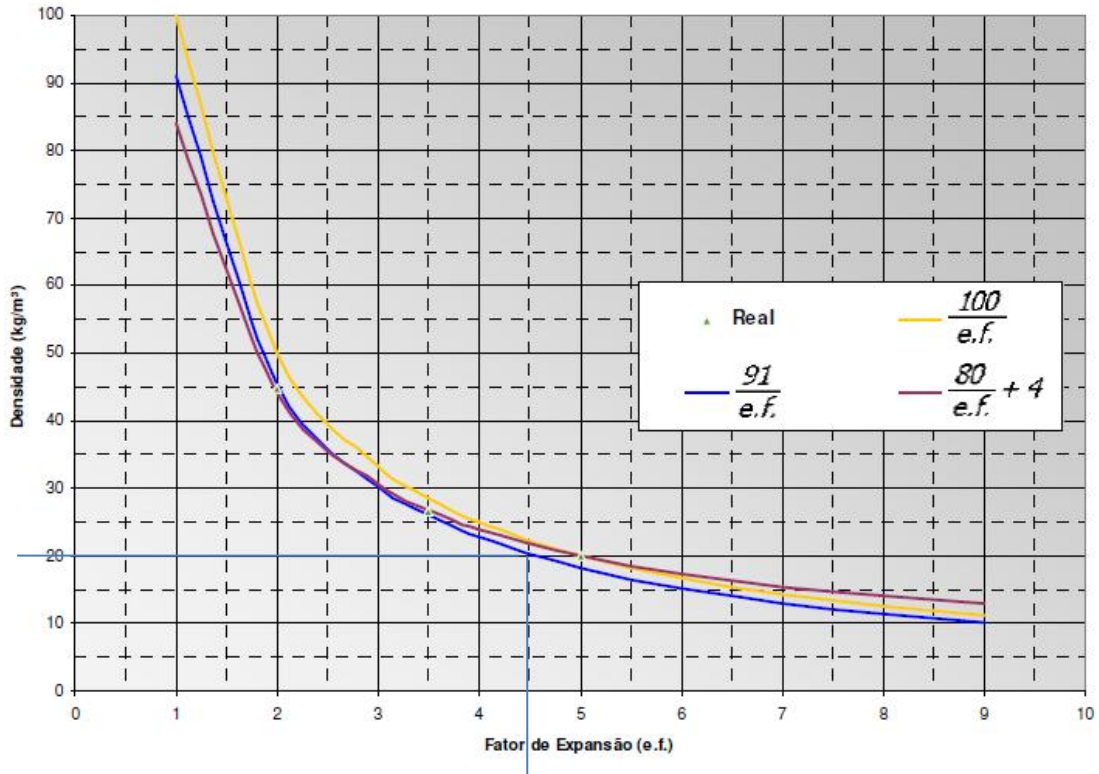


Figura 2.6 Efecto del índice de expansión en la densidad de la espuma
Fuente (Herrington & Hock, 1997)

- $IE = \text{Agua (pphp)} + \frac{MEC (pphp)}{9}$
- Si IE es menor o igual a 4.5

Agua = IE
no usar MEC

Para el cálculo de la densidad $20 \frac{kg}{m^3}$, el índice de expansión (I.E) teórico según la gráfica es **4.5**.

CALCULO DEL TDI E ÍNDICE DE TDI

Datos:

Arcol F-3040 → N°OH = 56

Peso (Poliol) → 100

De la ecuación (3.15)

$$\text{Peso (TDI)} = \text{Peso Poliol} \times \text{N}^\circ\text{OH} \times 0.00155 + \text{Peso Agua} \times 9.6675$$

$$\text{Peso (TDI)} = 100 \times 56 \times 0.00155 + 4.5 \times 9.6675$$

$$\text{Peso TDI} = 52.184 \text{ kg} \rightarrow \text{Índice de TDI } 100$$

Índice de TDI: cantidad relativa de TDI que se usa en comparación con los requerimientos teóricos de la formulación.

Peso de TDI = 60.01 kg a Índice 115

Tabla 3.1 Formulación densidad 20 $\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$

Componentes	Partes por peso
	pphp
Poliol (Arcol F-3040)	100
Agente químico de expansión (Agua)	4.5
Agente físico de expansión (Cloruro de metileno)	?
Surfactante de silicona	?
Catalizador aminico (33-LV)	?
Catalizador organo-metalico (T-29) o(T-9)	?
Isocianato (TDI 80/20)	60.01
Índice de TDI	1.15

Fuente: Corporación Surymar S.A.C.

Para el cálculo de la silicona, catalizador amínico y catalizador órgano-metálico se va utilizar los datos de la tabla 2.15

Tabla 3.2 *Formulación densidad 20* $\frac{kg}{m^3}$

Componentes	Partes por peso pphp
Poliol (Arcol F-3040)	100
Agente químico de expansión (Agua)	4.50
Agente físico de expansión (Cloruro de metileno)	—
Surfactante de silicona	1.88
Catalizador amínico (33-LV)	0.55
Catalizador organo-metalico (T-29) o(T-9)	0.33
Isocianato (TDI 80/20)	60.01
Índice de TDI	1.15

Fuente: Corporación Surymar S.A.C

CALCULO DE PERDIDA DE GASES

Debemos recordar que el agua y el cloruro de metileno son los responsables del crecimiento de la espuma y también transformados en gases. Este factor se emplea para el cálculo de balance de materia.

$$g = \text{Peso del agua} \times \frac{\text{Peso molecular del } CO_2}{\text{Peso molecular de agua}} + \text{Peso ASF} \quad (3.16)$$

$$g = \text{Peso del agua} \times \frac{44}{18} + \text{Peso ASF} \quad (3.17)$$

$$g = \text{Peso del agua} \times 2.44 + \text{Peso ASF} \quad (3.18)$$

De la tabla 3.2 se obtiene los datos:

Peso del agente soplante físico (ASF) = 0

Peso del agua = 4.5 kg

$$g = 4.5 \text{ kg} \times 2.44$$

$$g = 10.98 \text{ kg}$$

CÁLCULOS PARA BLOQUES

Calculo del factor de cajón:

$$\text{Factor de cajón} = \frac{\rho \times V}{\text{componente} - g} \quad (3.19)$$

Donde:

$$\rho = \text{Densidad } \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$V = \text{Volumen } \text{m}^3$$

componente = Sumatoria de los componentes

g = perdida de gases

Datos:

Medida del cajón: 2.15m x 2.15m x 1.20m

$$V = (2.15 \times 2.15 \times 1.20) \text{ m}^3$$

$$V = 5.55 \text{ m}^3$$

$$\text{componentes} = 167.27 \text{ kg}$$

$$\text{Factor de cajón} = \frac{\rho \times V}{\text{componente} - g}$$

$$\text{Factor de cajón} = \frac{20 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times 5.55 \text{m}^3}{167.27 \text{ kg} - 10.98 \text{ kg}}$$

$$\text{Factor de cajón} = 0.71$$

Para la medida de un molde de 2.15m x 2.15m x 1.20m la formula se tiene que multiplicar por el factor de cajón y se obtiene el siguiente cuadro.

Tabla 3.3 Formula densidad 20 $\frac{kg}{m^3}$, medida de molde 2.15m x 2.15m x 1.20m

Componentes	Cantidad Kg	Partes por peso pphp
Poliol (Arcol F-3040)	71.00	100
Agente químico de expansión (Agua)	3.195	4.50
Agente físico de expansión (Cloruro de metileno)	—	—
Surfactante de silicona	1.335	1.88
Catalizador amínico (33-LV)	0.391	0.55
Catalizador organo-metalico (T-29) o(T-9)	0.234	0.33
Isocianato (TDI 80/20)	42.607	60.01
Índice de TDI	1.15	

Fuente: Corporación Surymar S.A.C

3.2.2 CÁLCULOS FORMULACIONES (PARTE EXPERIMENTAL)

Para estos cálculos se toma como referencia las fórmulas de proceso.

- Índice de Expansión
- Cálculo de TDI
- Índice de TDI
- Cálculos de Producción
- Formulaciones de inicio

ÍNDICE DE EXPANSIÓN PRÁCTICO:

ÍNDICE DE EXPANSIÓN EXPERIMENTAL: $\rho = 10 \frac{kg}{m^3}$

Tabla 3.4 Formula densidad 10 kg m^3 , medida de cajón. 1.98 m x 5.30 m x 1.20 m

Componentes	Cantidad Kg	Partes por peso pphp
Poliol	54.500	69.427
Copolimero	24.000	30.573
Agente químico de expansión (Agua)	4.225	5.382
Agente físico de expansión (Cloruro de metileno)	16.900	21.529
Surfactante de silicona	2.700	3.439
Catalizador aminico (33-LV)	0.110	0.140
Catalizador organo-metalico (T-29) o(T-9)	0.366	0.466
Isocianato (TDI 80/20)	61.900	78.854
Indice de TDI	132	

Fuente: Corporación Surymar S.A.C

$$\text{Índice Expansión}_{D-10 \text{ kg m}^3} = \text{Agua (pphp)} + \frac{\text{MEC (pphp)}}{9}$$

$$\text{Índice Expansión}_{D-10 \text{ kg m}^3} = 5.382 + \frac{21.529}{9}$$

$$\text{Índice Expansión}_{D-10 \text{ kg m}^3} = 7.774$$

Si IE es mayor a 4.5

- Calculo de agua

$$\text{Agua} = 4.5 + [(\text{IE}-4.5) / 2]$$

$$\text{Agua} = 4.5 + [(7.774 - 4.5) / 2]$$

$$\text{Agua} = 4.5 + 1.64$$

$$\text{Agua} = 6.14$$

- Calculo de MEC

$$\text{MEC} = \text{MEC (pphp)} \times [(\text{IE}-4.5) / 2]$$

$$\text{MEC} = 20 \times [(7.774 - 4.5) / 2]$$

$$\text{MEC} = 20 \times 1.63$$

$$\text{MEC} = 32.6$$

$$\text{Índice Expansión}_{D-10} \frac{kg}{m^3} = \text{Agua (pphp)} + \frac{MEC (pphp)}{9}$$

$$\text{Índice Expansión}_{D-10} \frac{kg}{m^3} = 6.14 + \frac{32.6}{9}$$

$$\text{Índice Expansión}_{D-10} \frac{kg}{m^3} = 6.14 + 3.622$$

$$\text{Índice Expansión}_{D-10} \frac{kg}{m^3} = 9.76$$

ÍNDICE DE EXPANSIÓN EXPERIMENTAL: $\rho = 18 \frac{kg}{m^3}$

Tabla 3.5 Formula densidad $18 \frac{kg}{m^3}$, medida de cajón. 2.10 m x 5.60 m x 1.20 m

Componentes	Cantidad	Partes por peso
	Kg	pphp
Poliol	100.400	64.691
Copolimero	54.800	35.309
Agente químico de expansión (Agua)	7.205	4.642
Agente físico de expansión (Cloruro de metileno)	4.500	2.899
Surfactante de silicona	3.450	2.223
Catalizador amínico (33-LV)	0.300	0.193
Catalizador organo-metalico (T-29) o(T-9)	0.366	0.236
Isocianato (TDI 80/20)	100.400	64.691
Indice de TDI	124	

Fuente: Corporación Surymar S.A.C

$$\text{Índice Expansión}_{D-18} \frac{kg}{m^3} = \text{Agua (pphp)} + \frac{MEC (pphp)}{9}$$

$$\text{Índice Expansión}_{D-18} \frac{kg}{m^3} = 4.642 + \frac{2.899}{9}$$

$$\text{Índice Expansión}_{D-18} \frac{kg}{m^3} = 4.965$$

Si IE es mayor a 4.5

- Calculo de agua

$$\text{Agua} = 4.5 + [(\text{IE}-4.5) / 2]$$

$$\text{Agua} = 4.5 + [(4.965 - 4.5) / 2]$$

$$\text{Agua} = 4.5 + 0.232$$

$$\text{Agua} = 4.732$$

- Calculo de MEC

$$\text{MEC} = \text{MEC (pphp)} \times [(\text{IE}-4.5) / 2]$$

$$\text{MEC} = 20 \times [(7.774 - 4.5) / 2]$$

$$\text{MEC} = 20 \times 0.232$$

$$\text{MEC} = 4.646$$

$$\text{Índice Expansión}_{D-18^{kg}}^{m^3} = \text{Agua (pphp)} + \frac{\text{MEC (pphp)}}{9}$$

$$\text{Índice Expansión}_{D-18^{kg}}^{m^3} = 4.732 + \frac{4.646}{9}$$

$$\text{Índice Expansión}_{D-18^{kg}}^{m^3} = 4.732 + 0.516$$

$$\text{Índice Expansión}_{D-18^{kg}}^{m^3} = 5.25$$

ÍNDICE DE EXPANSIÓN EXPERIMENTAL: $\rho = 27 \frac{kg}{m^3}$

Tabla 3.6 Formula densidad $27 \frac{kg}{m^3}$, medida de cajón. 2.10 m x 5.60 m x 1.20 m

Componentes	Cantidad	Partes por peso
	Kg	pphp
Poliol	240.700	100.000
Copolimero	0.000	0.000
Agente químico de expansión (Agua)	7.000	2.908
Agente físico de expansión (Cloruro de metileno)	4.800	1.994
Surfactante de silicona	2.600	1.080
Catalizador aminico (33-LV)	0.540	0.224
Catalizador organo-metalico (T-29) o(T-9)	0.545	0.226
Isocianato (TDI 80/20)	101.100	42.002
Índice de TDI	114	

Fuente: Corporación Surymar S.A.C

$$\text{Índice Expansión}_{D-27 \frac{kg}{m^3}} = \text{Agua (pphp)} + \frac{MEC (pphp)}{9}$$

$$\text{Índice Expansión}_{D-27 \frac{kg}{m^3}} = 2.908 + \frac{1.994}{9}$$

$$\text{Índice Expansión}_{D-27 \frac{kg}{m^3}} = 3.14$$

ÍNDICE DE EXPANSIÓN EXPERIMENTAL: $\rho = 30 \frac{kg}{m^3}$

Tabla 3.7 *Formula densidad 30* $\frac{kg}{m^3}$, *medida de cajón. 2.10 m x 5.60 m x 1.20 m*

Componentes	Cantidad	Partes por peso
	Kg	pphp
Poliol	221.400	82.000
Copolimero	48.600	18.000
Agente químico de expansión (Agua)	6.640	2.459
Agente físico de expansión (Cloruro de metileno)	13.400	4.963
Surfactante de silicona	2.970	1.100
Catalizador amínico (33-LV)	0.434	0.161
Catalizador organo-metalico (T-29) o(T-9)	0.592	0.219
Isocianato (TDI 80/20)	101.300	37.519
Índice de TDI	118	

Fuente: Corporación Surymar S.A.C

$$\text{Índice Expansión}_{D-30\frac{Kg}{m^3}} = \text{Agua (pphp)} + \frac{MEC (pphp)}{9}$$

$$\text{Índice Expansión}_{D-30\frac{Kg}{m^3}} = 2.459 + \frac{4.963}{9}$$

$$\text{Índice Expansión}_{D-30\frac{Kg}{m^3}} = 3.00$$

Con los resultados prácticos se elabora la tabla 3.8 con los índices expansión experimental para hallar la curva de densidad Vs índice de expansión teórico.

Tabla 3.8 Datos experimentales para hallar la curva de densidad Vs índice de expansión práctico.

DATOS		
N°	IE	DENSIDAD kg/m ³
1	9.77	10
2	7.35	12
3	6.14	14
4	6	16
5	5.25	18
6	4.39	20
7	3.99	22
8	4	23
9	3.47	25
10	3.14	27
11	3	30
12	2.4	34

Fuente: Corporación Surymar S.A.C

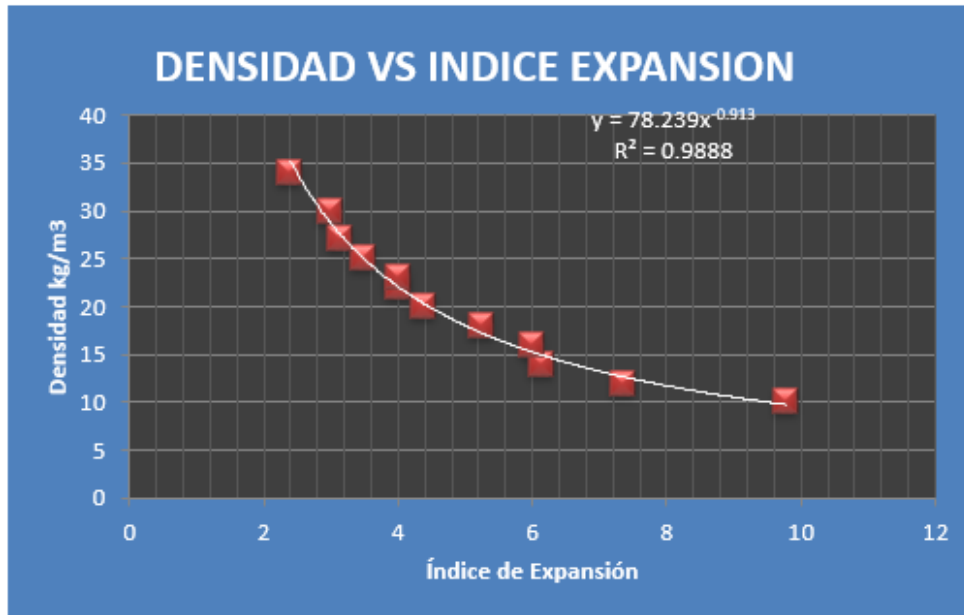


Figura 3.9 Efecto del índice de expansión en la densidad de la espuma de crecimiento libre experimental.

Fuente: Corporación Surymar S.A.C

De la gráfica se obtiene la ecuación de la curva:

$$y = 78.239x^{-0.913} \tag{3.20}$$

Calculo de densidad teórico:

$$y = 78.239x^{-0.913}$$

Ejemplo:

$$y = 78.239(9.77)^{-0.913}$$

$$y = 9.69 \frac{kg}{m^3}$$

Reemplazando los datos de densidad de la tabla 3.8, en la ecuación (3.20) se elabora la tabla 3.9.

Tabla 3.9 Densidad y índice de expansión teórico.

DATOS			
Nº	IE	DENSIDAD	FACTOR
1	9.17101	9.69	94.71
2	7.64251	12.57	92.39
3	6.55072	14.81	90.96
4	5.73188	15.13	90.77
5	5.095	17.09	89.72
6	4.32289	20.12	88.34
7	3.9299	21.96	87.61
8	3.75903	21.91	87.63
9	3.45831	24.94	86.55
10	3.20214	27.33	85.80
11	2.88192	28.49	85.46
12	2.54287	34.92	83.82

91.71

86.46

Fuente: Corporación Surymar S.A.C

De la tabla 3.9 se obtiene el factor de índice de expansión teórico.

- Para densidades menores de $20 \frac{kg}{m^3} = 91.71$
- Para densidades mayores de $20 \frac{kg}{m^3} = 86.46$

$$\rho = \frac{\text{factor de índice de expansión}}{I.E} \quad (3.21)$$

3.3 BALANCE DE MATERIA DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN

El concepto de balance de materia exige que se tengan que pesar todos los componentes antes de empezar el proceso de fabricación de espuma de poliuretano.

Debemos recordar que se trabaja con agentes de expansión físico y químico los cuales son responsables del crecimiento de la espuma la cual genera pérdida de gases.

$$g = \text{Peso del agua} \times \frac{\text{Peso molecular del CO}_2}{\text{Peso molecular de agua}} + \text{Peso ASF} \quad (3.16)$$

$$g = \text{Peso del agua} \times \frac{44}{18} + \text{Peso ASF} \quad (3.17)$$

$$g = \text{Peso del agua} \times 2.44 + \text{Peso ASF} \quad (3.18)$$

3.3.1 EL BALANCE DE MATERIA DE PRODUCCIÓN DE ESPUMA SE CALCULA EN BASE A LA PERDIDA DE GASES VOLÁTILES.

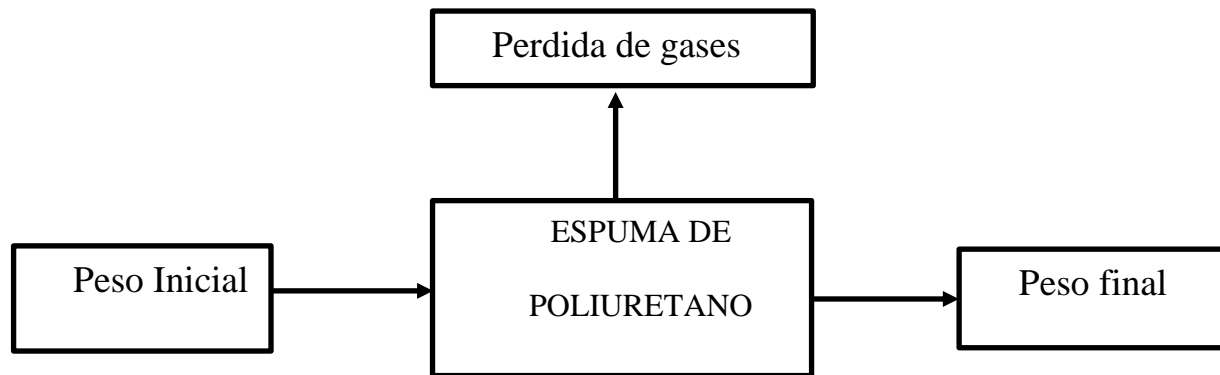


Figura 3.11: Se muestra una figura del flujo de balance de materia.

Ejemplo:

Se toma como referencia los pesos totales de los datos experimentales:

Tabla 3.9 Formula densidad 10 Kg m³, medida de cajón. 1.98 m x 5.30 m x 1.20 m

Componentes	Cantidad Kg
Poliol	54.500
Copolimero	24.000
Agente químico de expansión (Agua)	4.225
Agente físico de expansión (Cloruro de metileno)	16.900
Surfactante de sílica	2.700
Catalizador aminico (33-LV)	0.110
Catalizador organo-metalico (T-29) o(T-9)	0.366
Isocianato (TDI 80/20)	61.900
Índice de TDI	132
Sumatoria total de componentes	164.701

Fuente: Corporación Surymar S.A.C

$$g = \text{Peso del agua} \times 2.44 + \text{Peso ASF}$$

$$g = 4.225 \text{ Kg} \times 2.44 + 16.900 \text{ Kg}$$

$$g = 27.209 \text{ Kg}$$

$$\text{Peso final} = \text{Peso inicial} - \text{Peso (perdida de gas)}$$

$$\text{Peso final} = 164.701 - 27.209 \text{ Kg}$$

$$\text{Peso final} = 137.492 \text{ Kg}$$

A continuación, se resume los resultados para los productos de espuma de poliuretano en proceso.

Cuadro 3.10 Resumen de resultados del balance de materia (% de pérdida de gases).

Densidad	Peso Inicial	Peso Perdida de gas	Peso Final Teórico	% de pérdida de gases
10 kg/m ³	164.701	27.209	137.492	16.52
18 kg/m ³	271.421	22.08	249.341	8.13
27 kg/m ³	357.285	21.88	335.405	6.12
30 kg/m ³	395.336	29.6	365.736	7.49

Fuente: Corporación Surymar S.A.C.

$$\%Error = \frac{Peso\ te\acute{o}rico - Peso\ Real}{Peso\ Real} \times 100 \quad (3.22)$$

$$\%Error = \frac{137.492 - 140}{137.492} \times 100$$

$$\%Error = 1.82 \%$$

Cuadro 3.11. Resumen de resultados del balance de materia (% de error).

Densidad	Peso Final Real	Peso Final Teórico	% error
10 kg/m ³	140	137.492	1.822
18 kg/m ³	245	249.341	1.74
27 kg/m ³	330	335.405	1.61
30 kg/m ³	360	365.736	1.57

Fuente: Corporación Surymar S.A.C.

3.5 DISTRIBUCION DE LA PLANTA



Figura 3.13. Distribución De La Planta

La planta cuenta con un área de total de 14000 m² donde se encuentra distribuido en las siguientes áreas:

1. Área de almacén materia prima.
2. Área de producción de espuma de Poliuretano.
3. Área de curado
4. Área de productos en tránsito o procesamiento de espuma.
5. Área de Almacenamiento de Producto Terminado

3.5.1 ÁREA DE ALMACENAMIENTO DE MATERIA PRIMA

La empresa destina un área con puerta al exterior empleando una plataforma de despacho, para la recepción de materia prima para la producción de espuma.

La materia prima viene en presentación de cilindros sobre parihuelas de 4 unidades de capacidad. Se cuenta con personal capacitado para operar montacargas y con conocimientos básicos para identificar el material y almacenarlos en la bodega a la cual correspondiente.



Figura 3.14. Almacén de materia prima Polioliol F-3040

Fuente: Corporación Surymar S.A.C.



Figura 3.15. Almacén de materia prima TDI

Fuente: Corporación Surymar S.A.C.

3.5.2 ÁREA DE PRODUCCIÓN DE ESPUMA DE POLIURETANO

En esta área se fabrica espuma se dividen en dos secciones:

PROCESO MANUAL DE PRODUCCIÓN DE ESPUMA

En esta sección laboran 02 operarios y 01 supervisor (espumador). Se producen bloques cilíndricos, bloques cuadrados viscoelásticos.



Figura 3.16 Producto en proceso

Fuente: Corporación Surymar S.A.C.

PROCESO AUTOMÁTICO DE CAJÓN (MÁQUINA).

En esta sección laboran 04 operarios y 01 Supervisor (Espumador) de máquina. Se producen bloques cuadrados.



Figura 3.17 Producto en proceso.

Fuente: Corporación Surymar S.A.C.



Figura 3.18 Producto en proceso.

Fuente: Corporación Surymar S.A.C.

3.5.3 ÁREA DE CURADO DE BLOQUES

Esta área contiene bloques cilíndricos, cuadrados de 2 m x 2 m y bloques de 2 m x 5.45 m, en proceso de curado durante 24 horas.



Figura 3.19 Producto en proceso de curado.

Fuente: Corporación Surymar S.A.C.



Figura 3.20 Producto en proceso de curado

Fuente: Corporación Surymar S.A.C.



Figura 3.21 Producto en proceso de curado

Fuente: Corporación Surymar S.A.C.

3.5.4 ÁREA DE PROCESAMIENTO DE ESPUMA.

Los bloques que ya cumplieron su tiempo de curado son trasladados al área de procesamiento de espuma.

El área cuenta con las siguientes maquinarias:

- Máquinas Laminadoras.



Figura 3.22 Producto en proceso de corte.

Fuente: Corporación Surymar S.A.C.

- Máquinas verticales



Figura 3.23 Producto en proceso de corte.

Fuente: Corporación Surymar S.A.C.

- Máquina horizontales (carrusel)



Figura 3.24 Producto en proceso de corte.

Fuente: Corporación Surymar S.A.C.

3.5.5 ÁREA DE ALMACENAMIENTO DE PRODUCTO TERMINADO.

El producto terminado es recibido por personal de almacén, previa inspección de la identificación del producto para ser almacenado según las especificaciones.



Figura 3.25 Almacén de producto terminado

Fuente: Corporación Surymar S.A.C.



Figura 3.26 Almacén de producto terminado

Fuente: Corporación Surymar S.A.C.

3.6 SISTEMA DE CONTROL DE CALIDAD

El control de calidad aplicado en la empresa se efectúa en cada etapa del proceso de producción y procesamiento de espuma flexible. Dicho control es realizado por los supervisores de cada sector productivo, analizando y coordinando con las partes interesadas.

El control de calidad se aplica para la materia prima empleada en la producción de espuma flexible, así también, el control de calidad abarca al producto en proceso y terminado.

3.6.1 CONTROL DE CALIDAD DE MATERIA PRIMA.

Existe una variedad de componentes químicos empleados para la fabricación de espuma flexible.

Tabla 3.12 Relación de insumos empleados para la producción de espuma.

Insumo	Nombre Comercial	Proveedor	Fabricante	Procedencia
Poliol Polieter	Pluracol 4156	PerúQuímicos	BASF	USA
TDI	Lupranate T80	GTM	BASF	USA
Poliol Polimérico	Puranol PP3045	Importación directa	JIAHUA	China
Cloruro de Metileno	Cloruro de Metileno	GTM	BASF	USA
Amina 33	Tegoamin 33	PerúQuímicos	EVONIK	United Kingdom
Amina BDE	Tegoamin BDE	PerúQuímicos	EVONIK	United Kingdom
Octoato de Estaño	Kosmos 29	PerúQuímicos	EVONIK	United Kingdom
Silicona 8228	Tegostab B8228	PerúQuímicos	EVONIK	United Kingdom
Silicona 2470	Tegostab B2470	PerúQuímicos	EVONIK	United Kingdom
Carbonato de Calcio	FM 1000	Comacsa	Comacsa	Perú

Fuente: Corporación Surymar S.A.C.

El cambio de los componentes debe ser autorizado por el jefe de área de producción de espuma. La reactividad de los componentes puede variar dependiendo del fabricante. Este efecto puede causar alteración en el tiempo de crema, reacción, relajación, también en las propiedades de la espuma.

Todo componente que ingresa como proveedor nuevo debe ser sometido a control de calidad, el control de calidad se resume en la siguiente Tabla 3.13.

Tabla 3.13: Parámetros para el control de calidad de insumos y/o aditivos en máquina.

INSUMO	Uso en Fórmula	Grado	C.C. en producción
Poliol Poliéter	Total o Parcial (50%)	Medio	Tr, Tc y Relaj.
TDI	Total	Bajo	Relaj.
Poliol Polimérico	Total	Medio	Relaj.
Cloruro de Metileno	Total	Bajo	Relaj.
Amina	Total	Bajo	Tc
Octoato de Estaño	Total	Bajo	Tr y Tc
Silicona	Parcial (25%)	Alto	Tr, Tc y Relaj.
Carbonato de Calcio	Total	Medio	Tr y Relaj.

Fuente: Corporación Surymar S.A.C.

Dónde:

Tc: Se evalúa la variación del tiempo de crema de la espuma.

Tr: Se evalúa la variación del tiempo de reacción de crecimiento de la espuma.

Relaj: Se evalúa el descanso o relajación de la espuma después del crecimiento.

3.6.2 CONTROL DE CALIDAD DE ESPUMA FLEXIBLE.

Las dos propiedades físicas más importantes de una espuma de poliuretano son su densidad y dureza. Otras propiedades físicas de la espuma flexible tales como la porosidad, la resistencia a la tracción, la elongación y la resistencia al desgarre, deformación permanente con o sin envejecimiento húmedo y la resiliencia vertical son también importantes. (<http://tepolsa.com>)

La determinación de las propiedades de la espuma flexible se efectúa a menudo siguiendo las especificaciones de ASTM D3574-81, también pueden emplearse otros métodos de ensayo, pero los resultados de los distintos métodos, especialmente el de la dureza, no deben compararse en forma directa. Aquí solo damos una breve descripción de las pruebas basadas en el empleo de un

instrumento Instron. Para el procedimiento adecuado de las pruebas deben consultarse a las especificaciones mencionadas. (<http://tepolsa.com>)

3.7 MUESTREO Y PREACONDICIONAMIENTO

Durante la producción de espuma flexible en bloque, la mezcla se expande verticalmente y por eso, con toda probabilidad, se producirán algunas variaciones locales con respecto a la densidad y otras propiedades físicas. Para hacer la comparación de todos los datos físicos, todas las muestras deben tomarse de la misma parte de la espuma, que deberá ser la parte central en el caso de los bloques de espuma. Para la espuma moldeada, las pruebas físicas se efectúan, bien en la parte central o bien en toda la pieza. (<http://tepolsa.com>)

Los bloques o piezas de espuma recién elaborados se dejan curar por lo menos 3 días antes de hacer los muestreos y las muestras que se corten se mantienen en una habitación acondicionada, sin ejercer ningún peso sobre las mismas, durante por lo menos 24 horas antes que se les ensaye. En las especificaciones de ASTM D 3574-81 se mencionan una temperatura de 23 +/-1.1 °C y una humedad relativa de 50+/- 2%. (<http://tepolsa.com>)

3.8 PROPIEDADES FÍSICAS DE LAS ESPUMAS Y SUS UNIDADES

Con frecuencia se usan tanto las unidades métricas (ISO) con las inglesas, aunque se prefieren las primeras. En la tabla N° aparece la lista de las propiedades físicas de la espuma flexible más importantes con sus unidades. (<http://tepolsa.com>)

DENSIDAD

La densidad se define como el peso por unidad de volumen de la espuma, expresado en unidades de kg/ m³. Este factor es un indicativo de calidad en la espuma. Se puede decir que, a mayor densidad, mejor comportamiento de la espuma. El ensayo consiste en cortar una pieza de espuma de unas dimensiones establecidas y pesarlo en una balanza. (<http://tepolsa.com>)

Se pesa y se mide una muestra de forma regular y de tamaño razonable. La densidad se puede calcular después, de acuerdo a la expresión (<http://tepolsa.com>)

$$densidad = \frac{masa (Kg)}{volumen (m^3)} \quad (3.23)$$

Cuanto mayor sea la muestra de la espuma (dentro de ciertos límites factibles), más exacta será la medición de la densidad. (<http://tepolsa.com>)



Figura 3.27 Prueba de Densidad (<http://tepolsa.com>).

DUREZA

Existen dos tipos principales de métodos de ensayo para medir la dureza de las espumas flexibles estos son: (<http://tepolsa.com>)

Dureza por indentación (ILD)

Es la carga total, expresada en Newton, necesaria para producir una deformación determinada en una muestra de espuma. (<http://tepolsa.com>)

Se recomienda que las muestras, se acondicionen climáticamente durante 16 horas antes del ensayo. También precisa, las dimensiones exactas de las probetas, (de menor superficie que el soporte inferior de la máquina de ensayos y mayor que la del plato indentador), así como la velocidad del movimiento uniforme de compresión en dirección vertical, (entre 25 y 40 mm/minuto). (<http://tepolsa.com>)

Dureza por compresión (CLD)

La resistencia a la compresión o CLD (Compression load deflection), determina la DUREZA de la espuma y su valor se expresa en Kpa. Con este método de ensayo, se determina la fuerza requerida para comprimir una muestra de espuma entre dos platos al 25, 40, 50 ó 65 % de la altura inicial, normalmente se mide la resistencia a la compresión a una deformación del 40%. La superficie de la muestra debe ser más pequeña que el plato. A mayor valor mayor dureza y viceversa. (<http://tepolsa.com>)

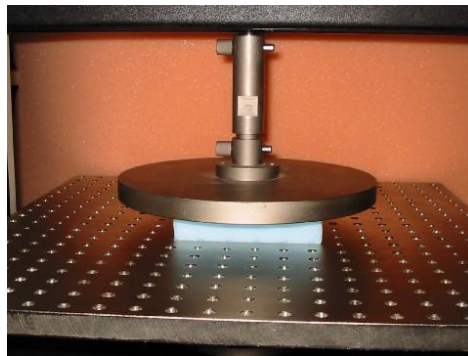


Figura 3.28 Prueba de Resistencia a la Compresión (<http://tepolsa.com>).

La diferencia notable entre las mismas radica en el área de la muestra que se somete a una carga: en la prueba de (ILD), solo unos 323 cm^2 (o 50 pulgadas cuadradas) de la muestra de la espuma se somete a compresión mientras que la prueba de (CLD) es la pieza completa de la muestra de la espuma la que se comprime. En los últimos años la prueba (CLD) se ha empleado menos y no la describiremos. (<http://tepolsa.com>)

En la prueba (ILD), se pre-flexiona dos veces una muestra de 38 cm x 38 cm x 5 cm (15" x 15" x 2") bajando el indenter hasta unos 75 – 80 % del espesor de la espuma. Se retira la carga y se deja que la muestra se recupere por unos 6 +/- 1 minutos. (<http://tepolsa.com>)

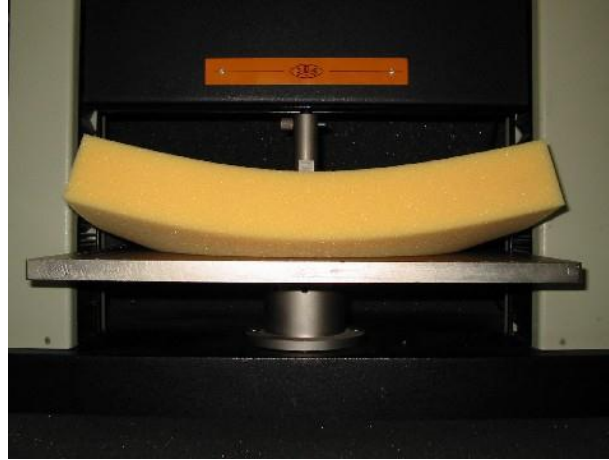


Figura 3.29 Prueba de dureza por indentación (ILD) con Instron (<http://tepolsa.com>).

El indentor se pone en contacto con la muestra que se indenta, bajo una carga de 454 gramos (1.0 libras), luego se comprime hasta un 25% de su espesor original a razón de 5 cm/min (2"/min). La carga se registra después de 1 minuto. Luego la deflexión se aumenta hasta un 65% de su espesor y se vuelve a registrar la carga después de 1 minuto. Estos resultados constituyen los valores de (ILD) al 25% y 65% respectivamente al volver a la deflexión de 25%, se mide la carga al cabo de 1 minuto. Con estos datos, se pueden calcular dos factores adicionales. (<http://tepolsa.com>)

$$\text{Módulo} = \frac{\text{Valor ILD al 65\%}}{\text{Valor ILD al 25\%}} \text{ (adimencional)} \quad (3.24)$$

$$\text{Histéresis} = \frac{\text{Valor ILD de retorno al 25\%} \times 100}{\text{Valor ILD al 25\% inicial}} \text{ (adimencional)} \quad (3.25)$$

El módulo, conocido también como factor de deflexión, es una medida de confort, mientras que la histéresis es la medida de la recuperación de la espuma después de la deflexión. (<http://tepolsa.com>)

POROSIDAD

Es la cantidad de aire expresado en pies cúbicos por minuto. La porosidad de una muestra de espuma es un índice de su capacidad de respiración o apertura de celdas. Un fabricante de espuma con experiencia la puede comprobar soplando a través de la misma. Un método más confiable consiste en determinar el caudal de aire que fluye a través de una muestra de espuma de 5 cm x 5 cm x 2.5cm (2" x 2" x 1") en una máquina de medición de flujo de aire. El flujo de aire puede ser un factor crítico en el rendimiento de la espuma, dependiendo de la aplicación. Por ejemplo, en aplicación de muebles, una espuma de bajo flujo de aire tendrá poca durabilidad, pero mayor dureza. (<http://tepolsa.com>)

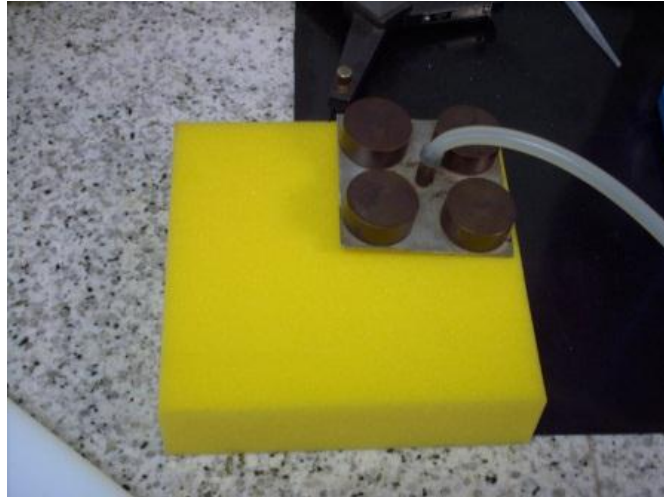


Figura 3.30 Aparato de medición de flujo de aire. (<http://tepolsa.com>).

TRACCIÓN Y ELONGACIÓN

Una muestra de espuma cortada especialmente (véase ASTM D 3574-81 para las dimensiones de la misma), se sujeta en ambos extremos con abrazadera con cierta distancia de separación (corrientemente 2.5"). La máquina se opera de forma que registre continuamente la carga y la elongación hasta la rotura de la muestra. La resistencia a la tracción de la muestra se calcula luego empleando la expresión: (<http://tepolsa.com>)

$$\text{Resistencia a la tracción} = \frac{2 \times \text{carga de rotura}}{\text{área transversal}} \quad (3.26)$$

Y la elongación a la rotura

$$\text{Elongación} = \frac{\text{largo de la muestra} - \text{largo de la muestra original}}{\text{largo de la muestra original}} \times 100 \quad (3.27)$$

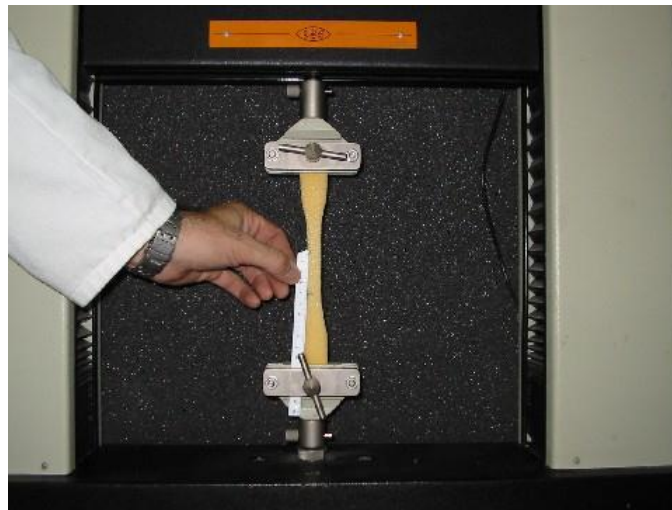


Figura 3.31 Medición de la Tracción Instron (<http://tepolsa.com>).

RESISTENCIA AL DESGARRE

Se sujeta con abrazaderas separadas a una distancia específica (corrientemente 2.5”) una espuma cortada (véase ASTM D 3574-81 para las dimensiones), la máquina se opera de forma que registre sin interrupción la carga durante el desgarre de la muestra. La resistencia al desgarre está dada por: (<http://tepolsa.com>)

$$\text{Resistencia al desgarre} = \frac{\text{Carga máxima de desgarre}}{\text{Espesor de la muestra}} \quad (3.28)$$



Figura 3.32 Medición de resistencia al desgarre Instron. (<http://tepolsa.com>).

RESILIENCIA VERTICAL

La resiliencia se puede definir como la energía absorbida por una muestra de espuma al ser sometida a un ciclo de compresión (energía absorbida) seguido de otro de relajación (energía liberada). La resiliencia es una medida con la que se calibra el grado de confort que tiene un colchón, de forma que a mayor resiliencia mayor comodidad. Lo que mide exactamente este concepto es el “rebote superficial de la espuma”. (<http://tepolsa.com>)

En esta prueba, una bola de acero de un peso determinado se deja caer desde una cierta altura, sobre la muestra de espuma. En un tubo acrílico transparente, el porcentaje de rebote de la misma constituye la medida de su resiliencia. (<http://tepolsa.com>)

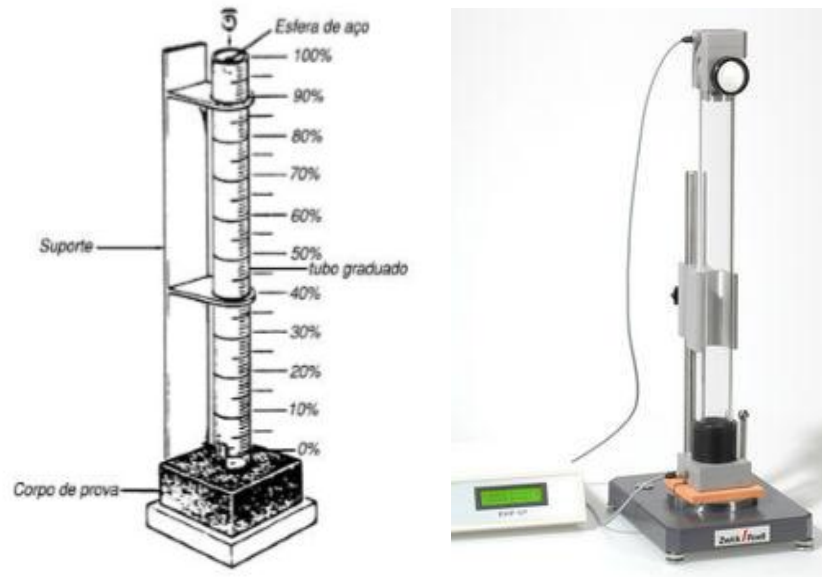


Figura 3.33 Aparato de medición de resiliencia Instron. (<http://tepolsa.com>).

SISTEMA DE SEGURIDAD

Toda practica laboral, comporta determinados riesgos, de mayor o menor nivel, y todas las partes implicadas tienen el deber de lograr que ésta se realice sin perjuicio de la seguridad y la salud del trabajador.

Es por esta razón que la empresa ha decidido implantar y posteriormente certificarse, bajo la especificación OSHAS 18001 (Occupational Health and Safety Assessment Series), como una opción para que ésta pueda gestionar adecuadamente sus organizaciones, de una manera segura y eficiente, con el objeto de proteger a su personal de los riesgos de accidentes y de enfermedades profesionales.

Actualmente nos encontramos en el proceso de implementación del sistema OSHAS 18001 (Seguridad y salud ocupacional en el trabajo). Dicha norma Internacional establece los requisitos que debe cumplir un sistema de gestión de seguridad y salud en el trabajo para que la empresa pueda controlar eficazmente los riesgos asociados con sus actividades, mejorando su desempeño de forma continua.

Para esto se desarrollan cursos talleres, charlas semanales, los cuales permiten identificar y evaluar los riesgos laborales, así como los requisitos legales y otros requisitos de aplicación, y por otra definir la estructura organizativa, las responsabilidades, las funciones, la planificación de las actividades, los procesos, procedimientos, recursos necesarios, registros, etc. Que permitan poner en práctica, revisar y mantener dicho sistema.

A su vez, la empresa cuenta con un reglamento interno de seguridad e higiene Industrial donde se indica los procedimientos a seguir durante el desempeño de las labores operativas.

Reglamento de seguridad:

1. Conocer el funcionamiento del sistema contra incendios.
2. Señalización de la planta.
3. Identificación de las zonas de seguridad en caso de sismos.
4. Formación de brigadas de seguridad.
5. Condiciones en que debe encontrarse el trabajador para desempeñar sus labores.
6. Comportamiento del personal y sanciones.
7. Uso de equipos de seguridad industrial: mascarillas, guantes, fajas, etc.
8. Realización de exámenes médicos para evaluar el estado de los trabajadores

Anualmente se realizan capacitaciones en manejo de extintores y sistema contra incendios por personal externo.

3.9 TRATAMIENTO DE RESIDUOS CONTAMINANTES

En la fabricación de espuma de poliuretano se generan residuos sólidos, líquidos y evaporación de solventes durante los procesos de síntesis.

3.9.1 RESIDUOS SÓLIDOS GENERADOS

Entre los residuos sólidos tenemos:

1. Plásticos que se generan después de la producción de espuma de poliuretano.
2. Cilindros de materia prima.
3. Bidones de los catalizadores amínicos, organometálicos, silicona y colorantes.

4. Desechos de espuma que son utilizados en la limpieza del reactor y de molde
5. Tela tipo malla que sirve como filtro.
6. Basura tipo inorgánica.

3.9.2 RESIDUOS LÍQUIDOS GENERADOS

- Se tiene residuos líquidos del uso de solventes de limpieza que son generados en la limpieza de la maquina espumadora y de recipientes para el preparado de los colorantes y pigmentos. Para la limpieza de estos equipos se utiliza solvente recuperado.
- A su vez, el solvente sucio es almacenado en un depósito, el cual es recuperado y tratado por una empresa externa que se encarga del tratamiento de residuos peligrosos.

3.9.3 EMISIÓN DE VAPORES GENERADOS

El porcentaje en peso de perdida de gas de los agentes de expansión se obtiene de los datos de producción que se realizan, en estas se indican la cantidad de del gas perdido. La cantidad de agente de expansión está compuesto por el agua y cloruro de metileno.

3.9.4 TRATAMIENTOS DE RESIDUOS

Actualmente no se tiene implementado un sistema de tratamiento de residuos sólidos en la empresa, todos los residuos que se generan se depositan en recipientes para luego mediante una empresa externa tratar los residuos peligrosos, los tanques vacíos de TDI, polioliol, copolímero y Catalizadores se retornan a los proveedores locales y si han sido compras por importación se los venden a personas que se dedican a recolectar embaces vacíos.

En cuanto a la emisión de vapores no se tiene ningún procedimiento implantado para la recuperación de estos.

CAPÍTULO IV

APORTES

1. Diseño y construcción de un reactor a escala de laboratorio de 3 kg de capacidad y su respectivo manual con la finalidad de hacer formulaciones en pequeñas escalas, con la finalidad de minimizar las perdidas en las pruebas a escala industrial.
2. Desarrollo de nuevas fórmulas frente a la demanda de nuevos productos tales como:
 - Densidad 12 kg/m³ elástico.
 - Densidad 23 kg/m³ semi duro.
 - Densidad 34 kg/m³ duro.
3. Puesta en funcionamiento sistema polioliol y carbonato de calcio (carga), con la finalidad de disminuir el costo de producción, este sistema solo se aplica a las densidades altas en una proporción de (5.00 pphp).
4. Diseño de un agitador para la mezcla polioliol y carbonato de calcio, con la finalidad de que sea homogénea y no altere las propiedades de la espuma de poliuretano.
5. Implementación del laboratorio de control de calidad, para la materia prima y el producto final.

CONCLUSIONES

- La descripción detallada de cada etapa del proceso de producción de espumas de poliuretano en la empresa Corporación Surymar S. A. C., se presenta en el capítulo 3, el diagrama de flujo se presenta en la figura 3.12 muestra las distintas etapas, y los correspondientes cálculos de balance de materia.
- El control de calidad del producto se centra principalmente en la determinación densidad, dureza, porosidad, elongación, resistencia al desgarre y resiliencia, las mismas que son determinadas en el laboratorio de acuerdo a los requerimientos del cliente. Lo relacionado al sistema de control de calidad del producto está explicado en el capítulo 3.
- Los principales contaminantes que se encuentran en el proceso de producción de las espumas de poliuretano son el TDI, los catalizadores y el cloruro de metileno, cuya manipulación se realiza con mucho cuidado para evitar la aspiración por parte de los trabajadores, quienes están obligados a emplear los equipos de seguridad correspondientes.
- Los criterios básicos para la formulación de espuma de poliuretano flexible para diferentes densidades y aplicaciones se encuentran detallados en el capítulo 2.
- Se ha desarrollado la adecuación y estandarización de la curva patrón de densidad frente al índice de expansión, de acuerdo a las condiciones ambientales de producción, la que es mostrada en la figura 3.9.

RECOMENDACIONES

1. Establecer la metodología y criterios para la identificación de peligros, evaluación de riesgos y determinación de las medidas de control para las actividades comprendidas en el proceso químico que se desarrolla en la empresa Corporación Surymar S.A.C, con la finalidad de reducir los riesgos a niveles que sean tolerables para la organización y facilitar las decisiones para el control de sus consecuencias.
2. Exigir el uso permanente de mascarilla de protección facial completa por el personal que labora en el área de espuma y evitar menor tiempo de exposición frente a los gases, ya que la mayor presencia de gases se encuentra en la producción de bloques de baja densidad.
3. Se recomienda una supervisión del buen uso de los equipos de seguridad de protección de personal, y de la planta en general.
4. Se recomienda el control del mantenimiento programado y plan de contingencias para las maquinarias, a fin de minimizar averías y fallas y, así prolongar la vida útil de las maquinarias y reducir gastos en reparaciones innecesarias.

BIBLIOGRAFÍA

1. Ashida, K. (2007). *Polyurethane and Related Foams Chemistry and Technology*. United States : Taylor & Francis Group.
2. Herrington, R. (1997). *Flexible Polyurethane Foams*. Freeport, Texas: Associate Development.
3. <https://tepolsa.com/control-de-calidad>
4. <http://www.gtm.net/es/noticias/gtmadquiereperuquimicos.html>
5. Landrock, A. H. (1995). *Hanbdook of Plastic Foams Types, Properties, Manufacture and Applications*. New Jersey: Noyes Publications.
6. Lonescu, M. (2005,). *Chemistry and Technology of Polyols for Polyurethanes*. United Kingdom: Rapra Technology.
7. Lonescu, M. (2016). *Chemestry and Technology of Polyols for Polyuretane, 2nd Edition Volumen I*. United Kingdom: A Smithers Group company.
8. Mark F. Sonnenschein, P. (2015). *Polyurethanes Science, Technology, Markets, and Trends*. New Jersey: John Wiley & Sons.
9. Michael Szycher, P. (2013). *Szycher 'S handbook of PolyurethaneS Second edition*. United States of America: Taylor & Francis Group.
10. Ramesh, S. L. (2004). *POLYMERIC FOAMS Mechanisms and Materials*. New York Washington, D.C.: CRC Press.

ANEXOS

ANEXO N° 01

GLOSARIO

Los términos más comúnmente usados por los profesionales de la industria del poliuretano se enumeran en este glosario. Algunas palabras tienen fundamento científico mientras que otras tienen origen más popular. Algunos conceptos químicos básicos también se describen.

ADITIVO

Un producto usado para modificar las propiedades o el procesamiento de la espuma pero que no es esencial para su producción. Ejemplos típicos son los plastificantes, colorantes, antioxidantes, aromatizantes, cargas, etc.

AGENTE DE EXPANSIÓN FÍSICA

Un líquido de bajo punto de ebullición utilizado en las formulaciones de espuma para generar gas además del dióxido de carbono generado por la reacción del agua con el isocianato. También conocido como agente auxiliar de expansión. Utilizado junto con el agua para bajar la densidad de la espuma, en densidades inferiores a 20 kg / m³ o en sustitución a una parte de la cantidad total de agua de la formulación para producir espumas blandas. Ejemplo: Cloruro de metileno, dióxido de carbono.

AGENTE DE EXPANSIÓN QUÍMICA

Producto que, a partir de una reacción química, genera un gas que es entonces usado para expandir la producción espuma. Ejemplo: agua.

AGENTE DESMOLDANTE

Producto, en forma de dispersión, solución o emulsión, aplicado en la superficie del molde para evitar que la espuma se pegue en el mismo al momento del desmolde.

AGITADOR

Piezas con diferentes formatos y tamaños utilizados para mezclar y recircular los componentes líquidos dentro de los tanques.

ALOFANATO

Compuesto formado por la reacción de un grupo uretano con isocianato a altas temperaturas.

AMINA TERCIARIA

Amina caracterizada por presentar el átomo de Nitrógeno ligado a tres radicales orgánicos. Clasificación compuestos ampliamente utilizados en la catalización de espumas de poliuretano.

ANTIOXIDANTES

Productos añadidos a los polioles o formulaciones para aumentar la resistencia a las reacciones de oxidación.

BLOQUE

Espuma producida en cajón por el proceso discontinuo o segmento cortado a partir de bloque producido en máquina continua de espuma.

CABEZA DE MEZCLA

Dispositivo que mezcla dos o más componentes de una formulación antes del derrame de los en un molde. En el caso de espumas flexibles hechas en cajón este dispositivo se conoce como cucharón o batidor.

CARGA

Sustancia añadida a una formulación para cambiar la densidad o las propiedades de la espuma.

CATALIZADOR

Sustancia que presenta la propiedad de alterar la velocidad de una reacción química. Los catalizadores más utilizados en espumas de poliuretano son las aminas terciarias y los catalizadores organometálicos que contienen estaño.

CÉLULAS

Cavidades individuales en la estructura de la espuma formadas por la nucleación y el crecimiento de burbujas dentro de un medio líquido reactivo.

CÉLULAS CERRADAS

Células que presentan membranas intactas que no permiten el flujo de aire entre células vecinas. Un alto contenido de células cerradas perjudica el rendimiento de las espumas flexibles de bloque.

COMPUESTO ORGÁNICO

Sustancia química que contiene átomos de carbono. Las sustancias binarias simples como monóxido o dióxido de carbono, cianuros y carbonatos metálicos no se encuadran en esta categoría.

CRECIMIENTO LIBRE

La expansión de una espuma en un recipiente sin tapa. La menor densidad posible de una formulación se obtiene en estas condiciones.

DESCOLORACIÓN

El blanqueamiento gradual de una espuma causada por una reacción fotoquímica. Ocurre más rápidamente en la luz del sol que en la artificial. Es un fenómeno superficial y no acarrea pérdida de las propiedades físicas de la espuma.

DIISOCIANATO

Compuesto que contiene dos grupos isocianato (NCO) por molécula.

DURABILIDAD

Este término, cuando se aplica a las espumas flexibles, se refiere a la capacidad de una espuma para conservar soporte de carga y espesor durante su vida útil. Hay varias pruebas de laboratorio que se utilizan para predecir la durabilidad de las espumas que, sin embargo, pueden

no presentar buena correlación con la realidad. Estas pruebas se utilizan con frecuencia para comparar el rendimiento relativo de varias espumas.

EFEECTO DE MASA

Efecto de la cantidad total de productos en la reactividad, tiempo de curado y exotermia de la espuma. Relación entre la superficie y el volumen del molde o caja donde la espuma se produce también afecta el proceso de espuma.

ESPUMA

Material celular, de bajo peso, resultante de la introducción de burbujas de un gas en una masa polimerizante.

ESPUMA DE ALTA RESILIENCIA

Espuma flexible de bloque o moldeada basada en la reacción de polioles reactivos, de alto peso molecular, con TDI o mezclas de TDI / MDI con valor de resiliencia mayor o igual a 55. Estas espumas se utilizan en muebles y colchones de alto confort, así como en asientos automotores.

ESPUMA DE POLIURETANO

Plástico celular termofijo formado por la reacción de compuestos que contienen hidrógeno activo (poliol) con agente de expansión (agua) y isocianato (TDI, MDI). Pueden ser clasificadas en flexibles, semi-flexibles, semi-rígidas y rígidas.

ESTABILIZADORES

Aditivos que ayudan al mantenimiento o mejora de las propiedades de las espumas tales como: anti-oxidantes, absorbentes de ultravioleta, etc.

EXOTERMIA

El calor liberado durante las reacciones que ocurren en el proceso de espuma. La exotermia de las reacciones son directamente proporcional a la reactividad de los componentes, así como al nivel de agua de la formulación.

ESTEQUIOMETRÍA

La relación entre los equivalentes reactivos de una formulación.

FACTOR DE CONFORT

La relación entre el valor de IFD al 65% de deflexión y el valor de IFD al 25% de deflexión. En cuanto más grande el módulo más grande es la comodidad de la espuma. Las espumas flexibles presentan valores de módulo entre 1.8 y 2.4. Las espumas de alta resistencia presentan generalmente valores de módulo por encima de 2.6.

FORMULACIÓN

Los productos, expresados en partes por cien partes de polioliol, utilizados para la fabricación de una espuma.

FUNCIONALIDAD

El número de grupos reactivos por molécula. Ejemplos: La funcionalidad de la glicerina es 3 (3 grupos OH).

GRUPO HIDROXÍLICO

El radical formado por la combinación de los átomos de hidrógeno y oxígeno (OH) que forma el grupo reactivo de las moléculas de los polioles.

ÍNDICE DE ISOCIANATO

La medida del balance estequiométrico entre el número de equivalentes de isocianato utilizado para reaccionar con el número de equivalentes de los compuestos reactivos de la fórmula (polioliol, agua, reticulantes, etc.). El índice de isocianato 100 indica que existe isocianato suficiente para reaccionar con todos los compuestos que contienen hidrógeno activo. Normalmente un cierto exceso de isocianato (102 - 115) se utiliza para mejorar las propiedades de las espumas.

ISOCIANATO

Grupo químico que contiene átomos de Carbono, Nitrógeno y Oxígeno unidos por dobles enlaces ($N = C = O$); un compuesto orgánico que contiene uno o más grupos isocianato.

ISOCIANURATO

Compuesto trímero cíclico formado por la reacción entre grupos isocianato en índices de isocianato superior a 100 y en presencia de ciertos catalizadores que favorecen la trimerización. Estos grupos confieren características especiales a las espumas rígidas.

ISÓMERO

Una de dos o más estructuras moleculares que contiene el mismo número y tipo de átomos, pero se arreglan de una forma diferente en la molécula (fórmulas estructurales diferentes). El TDI, por ejemplo, se suministra con dos relaciones diferentes de isómeros, 80/20 o 65/35, que presentan comportamientos distintos en la fabricación de espumas.

NUCLEACIÓN

El proceso de generación de burbujas minúsculas dentro de un líquido. Recurso utilizado en espumas flexibles para ajustar el tamaño de las células. Se puede bajar significativamente el peso específico del polioliol con el uso de la nucleación

NÚMERO DE HIDROXILA

Número que expresa la cantidad de grupos hidroxilo disponibles para la reacción con isocianato. Utilizado en el cálculo estequiométrico de la reacción. Se calcula como el número de miligramos de hidróxido de potasio equivalentes al contenido de hidrófilas de un gramo del polioliol.

PIEL

Superficie externa de la espuma, de densidad más alta, que se forma por el enfriamiento más rápido que el núcleo. En el caso de espumas moldeadas la piel forma parte del acabado final del artículo. En el caso de espumas flexibles de bloque, la piel, también conocida como cáscara, debe ser removida.

PÉRDIDA GASOSA

La pérdida de masa durante el proceso de espumación calculada por la sustracción del peso final espuma del peso total de los productos usados. Esta pérdida es proveniente de la formación de CO₂ en la reacción del isocianato con el agua, así como de la vaporización de agentes físicos de expansión.

PESO EQUIVALENTE

El peso molecular de un producto dividido por el número de grupos reactivos de la molécula.

PESO MOLECULAR

La suma de los pesos atómicos de todos los átomos de una molécula.

POLÍMERO

Sustancia orgánica, natural o sintética, compuesta de unidades químicas que se repiten para formar moléculas mayores.

POLIOL

Compuesto que presenta varios grupos hidroxilo (OH) en las extremidades de las cadenas ligadas por grupos éter (poliol poliéter) o ligadas por grupos éster (poliol poliéster). Los polioles pueden todavía se modifiquen con polímeros de estireno / acrilonitrilo (polioles copoliméricos).

POLIOL COPOLIMÉRICO

Una suspensión de un copolímero de estireno / acrilonitrilo, en un poliol poliéter, con contenido

variable de sólidos (5 a 45%). Normalmente se utiliza junto con polioles convencionales para aumentar el soporte de carga de la espuma, así como para mejorar su procesabilidad. También conocido como poliol polimérico o poliol "grafitizado".

POLIURETANOS

Compuestos que contienen varios grupos uretano (NHCOO) a lo largo de un polímero que contiene enlaces éter o éster.

PORCENTAJE DE HIDROXILA

El porcentaje en peso de los grupos OH en el peso total del polioli.

REACCIÓN DE EXPANSIÓN

Reacción química del agua con isocianato que resulta en la formación de dióxido de carbono - CO₂ - que propicia la expansión del polímero. Los poliuretanos no celulares se basan en formulaciones exentas de agua para evitar la generación de gas y, consecuentemente, la formación de células.

REACCIÓN DE GELIFICACIÓN

Una de las reacciones que ocurren durante la formación de una espuma. La reacción entre polioles, los reticulantes y los isocianatos que forman grandes moléculas, aumentando la viscosidad del medio y, eventualmente, formando macro-moléculas de altísimo peso molecular. También conocida como reacción de polimerización.

REACTIVIDAD

Término ampliamente utilizado para describir los resultados empíricos o analíticos de medidas o las observaciones de la velocidad de las reacciones que ocurren durante la formación de una espuma.

SCORCH

Coloración marrón en el centro del bloque causada por exceso de calor a durante el proceso de fabricación de la espuma. Puede ocurrir en espumas conteniendo alto nivel de agua, alto índice de isocianato o contaminadas con ciertos metales.

TIEMPO DE CREMA

El tiempo transcurrido entre la mezcla de los componentes de la formulación y el inicio del crecimiento espuma. En este punto la mezcla reactiva cambia de color, volviéndose blanquecina, en función de la saturación del líquido por el gas que se genera en la reacción del isocianato con el agua. El tiempo de crema es una característica importante de una formulación y es

influenciado por una serie de factores tales como: nivel de catalizador, temperatura de los componentes, proceso de espumación (alta o baja presión), y otros factores

TIEMPO DE CRECIMIENTO

El tiempo transcurrido entre la mezcla final de los componentes hasta el pico de crecimiento de la espuma.

TIEMPO DE CURA

El tiempo necesario para que la espuma alcance sus propiedades físicas finales, como resultado el término de todas las reacciones químicas que ocurren en el proceso de fabricación de la espuma. En la temperatura ambiente, este tiempo varía entre 24 y 72 horas para la mayoría de las formulaciones de espumas de poliuretano.

TIEMPO DE DESMOLDE

El tiempo transcurrido entre la inyección de los componentes reactivos dentro de un molde y la apertura del mismo para la remoción de la pieza moldeada sin que ocurra rasgado o alteración de su forma original.

TIEMPO DE GEL

El tiempo transcurrido desde la mezcla de los componentes en la cámara de mezcla (o en el cabezal de inyección) hasta el punto donde el polímero ya está formado. Normalmente se determina por la introducción de un palillo de madera en el bloque hasta que se perciba la formación de hilos.

TIEMPO DE PEGA LIBRE

El tiempo transcurrido desde el inicio de la reacción y el punto donde la superficie de la espuma puede ser tocada sin provocar adhesión. Espumas semirrígidas y espumas rígidas presentan tiempos de agarre libre más pequeños que espumas flexibles de bloque o moldeadas.

URETANO

El producto de la reacción de un isocianato con un compuesto que contiene hidroxilo.

“PAPEL INDIVIDUAL DE LOS COMPONENTES”

POLIOL	<ul style="list-style-type: none"> • El uretano es formado por Polioliol y el TDI. Proporciona flexibilidad a la espuma. • Cuanto menor el número de OH, mayor la flexibilidad de la espuma.
AGUA	<ul style="list-style-type: none"> • La Urea es formada por la reacción del agua y el TDI. Proporciona la dureza a la espuma. • El gas CO2 Procede de la reacción del agua y el TDI. Reduce la densidad. • El mayor calor generado viene de la reacción agua y el TDI.
CLORURO DE METILO	<ul style="list-style-type: none"> • La evaporación del Cloruro de Metilo enfría la espuma. • La evaporación del Cloruro de Metilo reduce la densidad. • La evaporación del Cloruro de Metilo ablanda la espuma.
AMINA	<ul style="list-style-type: none"> • La Amina de expansión promueve la reacción de agua y el TDI. • La Amina Gel (cura) promueve la reacción del Polioliol y el TDI. • Controla el tiempo de crema. • Influye en el crecimiento de la temperatura.
ESTAÑO	<ul style="list-style-type: none"> • Controla la reacción del Polioliol y del TDI.(reacción del gel o cura). • Controla la apertura de las células.
SILICONA	<ul style="list-style-type: none"> • Sin silicona no se tiene espuma. • Controla la estabilidad de la espuma. • Regula el tamaño de las células. • Disminui la Tensión Superficial.
TDI	<ul style="list-style-type: none"> • Reacciona con el agua para forma el gas CO2. • Reacciona con el Polioliol para formar la espuma. • Contribuye con la dureza por medio del índice. • Responsable por el amarilleo interno de la espuma.
RETARDANTE	<ul style="list-style-type: none"> • Aditivos usados para producir espumas resistentes al fuego.
COLORANTE	<ul style="list-style-type: none"> • Aditivos usados para colorir la espuma.
CARGAS	<ul style="list-style-type: none"> • Productos inorgánicos usados para dar dureza adicionales a la espuma.
ANTIOXIDANTE	<ul style="list-style-type: none"> • Aditivos usados para evitar el amarilleo externo de la espuma. • Aditivo usados para evitar el amarilleo interno de la espuma (scorching).

QUE USTEDES DEBEN SABER HACER

- 1- Usar siempre los **EPI's** (Equipamientos de Protección Individual) tales como: **Máscara, Lentes, Guantes, Delantal** etc. para evitar daños a la salud.
- 2- Tenga siempre disponible copias de las hojas de seguridad de todo producto químico utilizado en su fábrica:
“El correcto manoseo de productos químicos es esencial para garantizar su seguridad de sus compañeros y su empresa.”
- 3- Nunca mezcle **Agua, Amina y TDI**, pues esto causa una reacción rápida, peligrosa e con muchas liberaciones de gases tóxicos. En esta mezcla en el Poliisocianato puede ocurrir el riesgo de incendio en la espuma.
- 4- No poner bloques en proceso de cura muy próximo unos del otro. Mantener **mínimo una distancia de 40 m** entre ellos para permitir una adecuada ventilación.
- 5- De instrucciones a sus **auxiliares** como reaccionar en caso de incendio.
- 6- Mantenga siempre que sea posible alguna cantidad de solución neutralizante en caso de **derrame del TDI** (90% Agua + 8% Amonia + 2% Detergente).
- 7- No intente hacer espuma usando relaciones erróneas de **Poliol, TDI y Agua**
- 8- Procure producir bloques siempre **por la mañana** pues en caso de riesgo en el proceso de cura, siempre habrá personas por la fábrica en la tarde para ayudar.
- 9- No ponga **Estaño** en exceso en la mezcla pues acarreará una espuma de células cerradas con consecuente encogimiento del bloque. Dependiendo de la densidad de la espuma podrá también causar amarilleo interno del bloque.
- 10- La reacción de expansión no debería ser mas rápida que la reacción de cura (gel) , pues podría ocurrir el **colapso** de la espuma.
- 11- Todo y cualquier desmoldante usado, debe tener su aplicación en el molde (box) en cantidad suficiente para sentir los dedos deslizaren.
- 12- Toda formulación debe ser hecha por persona con conocimiento de la “arte” (técnico).
- 13 - Siempre verifique las condiciones de exhaustan y ventilación de gases en su proceso.

MÉTODO SIMPLIFICADO PARA EL CALCULO DEL TDI

- 100 partes del Polioliol con n° OH = 56 ⇒ requiere 8,68 partes del TDI
- 100 partes del Polioliol con n° OH = 47 ⇒ requiere 7,29 partes del TDI
- 100 partes del Polioliol con n° OH = 35 ⇒ requiere 5,43 partes del TDI
- 100 partes del Polioliol con n° OH = 28 ⇒ requiere 4,34 partes del TDI
- 01 parte del agua ⇒ requiere 9,67 partes del TDI

Calculo de TDI

$$\text{TDI} = \text{Índice TDI} \times \left[\frac{\text{partes de Polioliol} \times 87 \times \text{n}^\circ \text{OH}}{56100} + \frac{\text{partes de agua} \times 87}{9} \right]$$

Ejemplo: Para una formulación con 4,0 partes de agua, Polioliol con OH = 47 y índice del TDI = 110, El calculo sería lo siguiente:

$$\text{TDI} = \text{índice} \times \left[\frac{100 \times 87 \times 47}{56100} + \frac{4,0 \times 87}{9} \right] = 1,10 \times [7,29 + 38,68] = 1,10 \times 45,97 = 50,57$$

total de TDI = 50,57 partes.

EQUIVALENCIA DEL AGENTE DE EXPANSIÓN EN LA DENSIDAD

- 10,0 partes de CFC - 11 equivalen a 1,0 parte de Agua
- 7,0 partes de Cloruro de Metilo equivalen a 1,0 parte de Agua.

CALCULO APROXIMADO DE DENSIDAD DE LA ESPUMA

$$\text{Densidad} = \frac{90}{\text{partes de agua}} = \text{Kg./m}^3 \text{ (nivel del mar)}$$

- Quedando el uso del Carbonato de calcio = $\frac{\text{partes de carbonato}}{7} = \text{Kg./m}^3$

- Quedando el uso del Cloruro de Metilo = $\frac{90}{\frac{\text{partes de cloruro}}{7} + \text{partes de agua}} = \text{Kg./m}^3$

Ejemplo: Calculo de la densidad en una formulación con: 4,0 partes de agua, 5,0 del cloruro de metilo y 10,0 partes de carbonato de calcio (calcita) - nivel del mar.

$$\text{Agua Total} = 4,0 + \frac{5}{7} = 4,0 + 0,71 \text{ donde } 0,71 \text{ corresponde a la equivalencia en agua del cloruro.}$$

$$\text{Agua total} = 4,71 \Rightarrow \text{Dens.} = \frac{90}{4,71} = 19,11 \text{ Kg./m}^3.$$

$$\text{Del carbonato viene : } \frac{10}{7} = 1,43 \text{ Kg/m}^3$$

por tanto la **densidad final** será : $\cong \text{Dens.} = 19,11 + 1,43 = \mathbf{20,54 \text{ Kg./m}^3 \text{ (nivel del mar)}}$

CALCULO de PERDIDA VOLÁTILES

Debemos recordar que solamente el **Agua** y el **Cloruro de Metilo** son los responsables por el crecimiento de la espuma y también transformados en gases y que son usados en el cálculo de la perdida volátil.

Ejemplo: Para una dada formulación -

- 100 partes del Poliol
- 53 partes del TDI
- 4,0 partes del Agua
- 7,0 partes del Cloruro
- 1,0 partes del Silicona NIAX®
- 0,20 partes del Amina NIAX®
- 0,23 partes del Estaño

tenemos: Total = **165,43**

donde 4,0 partes de agua x 2,44 + 7,0 partes del cloruro = 16,76 partes de volátiles

$$100 - \left(\frac{165,43 - 16,76}{165,43} \times 100 \right) = \mathbf{10,13 \%}$$

165,43

Esto significa que **10,13%** de la masa total usada en la formulación **desaparecen en la atmósfera.**

REDUCCIÓN DE LA DENSIDAD DEBIDO LA ALTITUD

- A 2500 metros de altura tenemos una reducción aproximada de 18 % en el valor de la densidad.
- A 900 metros de altura tenemos una reducción aproximada de 6 % en el valor de la densidad

Ejemplo:

Al nivel del mar para una formulación con 4,0 partes de Agua $\Rightarrow \frac{90}{4} = 22,50 \text{ Kg./m}^3$

Para 2500 metros tenemos $\Rightarrow 22,50 \times 0,82 = 18,45 \text{ Kg./m}^3$ aproximadamente.

PARA ASEGURAR LA ESTABILIDAD DE LA ESPUMA

- Para cada 10 partes del CFC -11 debemos acrecentar 0,05 partes del Octoato de Estaño.
- Para cada 10 partes del CFC - 11 debemos acrecentar 0,12 partes de Silicona.
- Para cada 7,0 partes de Cloruro debemos acrecentar 0,10 partes de Octoato de Estaño.
- Para cada 7,0 partes de Cloruro debemos acrecentar 0.14 partes de Silicona

CONTROL DE LA TEMPERATURA

- **Temperatura de los Componentes:**

1° C a menos en la temperatura de los componentes \Rightarrow 1° C a menos en la temperatura de la espuma.

- **Agente de Expansión:**

01 parte del Cloruro de Metilo = menos 1,5° C en la temperatura de la espuma.

01 parte del CFC - 11 = menos 0,8° C en la temperatura de la espuma.

CALCULO DEL FACTOR DE LA SEGURIDAD EN LA FORMULACIÓN

Para evitar un aumento en la temperatura, durante la reacción del poliuretano, es costumbre calcular el factor de seguridad, el cual es expresado en porcentaje (%) teniendo su valor máximo = 35,5 % y es así calculado:

Ejemplo: sea la siguiente formulación

Poliol	100	partes
TDI	53,15	partes
Agua	4,30	partes
Silicona	1,0	partes
Amina	0,15	partes
Estaño	<u>0,16</u>	partes
Total -	158,76	partes

El cálculo será: dividir la cantidad del TDI por la suma total de los productos multiplicados por 100 o sea:

$$\text{factor} = \frac{53,15}{158,76} \times 100 = 33,5\% \text{ o sea } < 35,5\% \quad \therefore \text{ factor} = 33,5\% \text{ (seguro)}$$

RELACIÓN NIVEL DE AGUA CON AGENTE FÍSICO DE EXPANSIÓN

Agente de expansión: **Cloruro de Metilo** y o **CFC - 11**

Niveles mínimos del uso del agente para una formulación segura:

<u>Agua (partes)</u>	<u>Agente de Expansión</u>
4,3	0
4,4	1
4,5	2
4,6	3
4,7	4
4,8	5
4,9	6
5,0	7
5,1	8
5,2 máximo	9
5,2	10
5,2	12

ALMACENAMIENTO DE MATERIAS PRIMAS

- Es recomendable mantener las materias primas en local **seco, cubierto y a temperatura** alrededor de **24° C**. Esto permitirá mejor control de la reacción durante el proceso de fabricación de la espuma.
- Para los casos del agente de expansión (**cloruro de metilo / CFC- 11**) el ideal sería mantenerlo en local cubierto y **temperatura abajo de los 20° C**. Esto permitirá un mejor rendimiento del agente en la formulación.
- Es importante también mantener el catalizador **Octoato de Estaño** en local **seco, cubierto** y se es posible en ausencia de **luminosidad** para evitar su oxidación. Mantener el embalaje de Octato de Estaño siempre cerrada después de retirar el producto durante la producción, pues la **humedad** del aire puede favorecer la **hidrólisis**. Este fenómeno es notado por el cambio en la coloración del producto (**blanquecino**) y la consecuente pérdida de eficacia.

ADITIVOS ESPECIALES PARA LA ESPUMA

Con el objetivo de ofrecer ventajas al fabricante de la espuma y el mercado consumidor, los fabricantes de las materias primas han introducido en el mercado una serie de productos para dar a la espuma características especiales tales como dureza, confort, blanda (ecológicos), resistentes a la luz, laminación ha fuego (flame bond).

Algunos de estos productos son listados abajo:

GUÍA PARA SOLUCIONAR PROBLEMAS COMUNES

ESPUMAS FLEXIBLES EN BLOQUES

Problema	Descripción	Recomendación
Colapso	<ul style="list-style-type: none"> ■ La espuma crece y rápidamente para 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Aumentar el catalizador de estaño ■ Aumentar la silicona y o verificar reducción de la actividad. ■ Verificar errores en la dosificación de los componentes, contaminación factores mecánicos (velocidad de la estera, r.p.m. del mezclador, vibraciones en la estera etc.
Fisuras o Grietas	<ul style="list-style-type: none"> ■ Grandes separaciones horizontales, verticales o inclinadas en el bloque. 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Aumentar el catalizador de estaño. ■ Disminuir el catalizador de amina. ■ Aumentar la silicona ■ Aumentar TDI ■ Verificar factores mecánicos ■ Verificar la velocidad y ángulo de la estera, rotación del mezclador, extensión y vibración en la estera, contaminación en la bandeja.

PROBLEMAS	DESCRIPCIÓN	RECOMENDACIÓN
Células Cerradas Brilllos.	<ul style="list-style-type: none"> ■ Las paredes de las células permanecen intactas y no se rompe al punto máximo del crecimiento del bloque 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Disminuir catalizador de estaño. ■ Aumentar catalizador de amina. ■ Disminuir TDI. ■ Disminuir silicona
Orificios, burbujas Células Irregulares	<ul style="list-style-type: none"> ■ Exceso de agujeros en el interior del bloque con diferentes diámetros. ■ Tiempo de la crema muy corto. ■ Disminuir tiempo de la mezcla ■ Células muy finas. 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Disminuir catalización general (estaño y amina), para buscar tiempo de la crema mas largo. final(TDI). Disminuir el tiempo de premezclado y o rotación. ■ Disminuir la temperatura de los reactivos. ■ Aumentar la silicona.
Células Grandes	<ul style="list-style-type: none"> ■ Células con tamaño grande (menos de 9/centímetro) con tacto áspero. 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Aumentar el nivel de la silicona. ■ Disminuir índice del TDI. ■ Aumentar la rotación del premezclado. ■ Aumentar tiempo de premezclado. ■ Sistema de baja presión ⇒ Aumentar la silicona, aumentar aire nucleante, disminuir presión. ■ Sistema Alta presión ⇒ Aumentar silicona, disminuir rotación.
Ebullición	<p>La espuma no crece; grandes burbujas aparecen y explotan en la superficie.</p>	<p>Aumentar catalizador de estaño. Investigar posible exceso de TDI. Aumentar la silicona y o verificar actividad reducida. Verificar errores en la dosificación.</p>

PROBLEMA	DESCRIPCIÓN	RESOLUCIÓN
Quemado	<ul style="list-style-type: none"> ■ Coloración amarilla hasta el marrón oscuro en el centro del bloque. El amarilleo es causado por calor excesivo durante la reacción exotérmica. Ocurre en fórmulas con alto niveles de agua. 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Disminuir índice de TDI. ■ Disminuir la cantidad de agua. ■ Disminuir nivel total de catalizadores ■ Verificar errores en la dosificación.
Reducción	<ul style="list-style-type: none"> ■ La espuma encoge después del tiempo de curado. Problema mas visible en los rincones inferiores del bloque. 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Disminuir catalizador de estaño. ■ Aumentar catalizador de amina. ■ Disminuir silicona. ■ Verificar errores en la dosificación.
Superposición de hilo	<ul style="list-style-type: none"> ■ El hilo de la crema va por abajo de la espuma en crecimiento en la estera. 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Aumentar la velocidad de la estera. ■ Disminuir el ángulo de la estera. ■ Aumenta el nivel total de catálisis.
Vapores	<ul style="list-style-type: none"> ■ Se nota los vapores de TDI saliendo de la superficie del bloque. 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Verificar calibración de los componentes.

RECOMENDACIÓN

PROBLEMA	DESCRIPCIÓN	SOLUCIONES
Reducir la superficie	en la superficie del bloque. Generalmente en los hombros . Células finas.	<ul style="list-style-type: none"> ■ Grietas en verticales ■ Pequeñas grietas ■ Reducir aire nuclear ■ Reducir distancia de la salida del mezclador y la estera. ■ Chequear actividad de la silicona
Superficie Pegajosa	■ La superficie del bloque permanece pegajosa por largo tiempo.	<ul style="list-style-type: none"> ■ Aumentar nivel total de catálisis. ■ Aumentar temperatura del polioliol, TDI y otros componentes.
Descanso	■ Se eleva el bloque a la altura máxima y luego se baja levemente. 3 a 4 centímetros es considerado normal(buena espuma).	<ul style="list-style-type: none"> ■ Aumentar estaño para descanso superior a 4 cm. ■ Aumentar silicona y o verificar reducción de la actividad. ■ Disminuir nivel de amina.
Cascara Gruesa	■ El bloque presenta cascara superior con espesura mayor a 3 mm.	<ul style="list-style-type: none"> ■ Aumentar nivel total de catálisis. ■ Aumentar índice de TDI.
Cascara Brillante	■ Después del crecimiento de la espuma (salida de gases) se observa cascara brillante.	<ul style="list-style-type: none"> ■ Reducir nivel de estaño . ■ Reducir nivel de silicona. ■ Aumentar nivel de amina.
Espuma sin Retorno	■ La espuma presenta poca resistencia.	<ul style="list-style-type: none"> ■ Disminuir catalizador de estaño. ■ Aumentar catalizador de amina. ■ Disminuir índice del TDI. ■ Disminuir nivel de silicona.

PROBLEMA

	DESCRIPCIÓN	RECOMENDACIÓN
Olor	<ul style="list-style-type: none">■ La Espuma producida tiene fuerte y indeseable olor.	<ul style="list-style-type: none">■ Cambiar catalizador de amina.
Cascara Fina	<ul style="list-style-type: none">■ La cascara fina y quebradiza al tacto.	<ul style="list-style-type: none">■ Aumentar la temperatura de los componentes.■ Aumentar o cambiar la amina.
Crazy balls	<ul style="list-style-type: none">■ Pequeñas burbujas se mueven rápidamente sobre la superficie del bloque. (maquina)	<ul style="list-style-type: none">■ Aumentar la rotación del mezclado. Disminuir la distancia■ Disminuir la distancia entre la salida del alimentador y de la estera.
Estrías	<ul style="list-style-type: none">■ Líneas de espumas densificadas al largo del bloque.	<ul style="list-style-type: none">■ Aumentar rotación del mezclador.■ Reducir la distancia de salida del material. Limpiar boquillas inyectoras.■ Ajustar inclinación de la estera.■ Reducir catalizador de estaño.

DESCRIPCIÓN

RECOMENDACIÓN

PROBLEMA

Estructura no Uniforme	<ul style="list-style-type: none"> ■ Irregularidades en la estructura. Células irregulares 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Disminuir orificio de descarga. ■ Chequear entrada falsa de aire. ■ Aumentar rotación del mezclador. ■ Chequear por contaminantes.
Baja Tensión de Ruptura	<ul style="list-style-type: none"> ■ Valores abajo del normal. 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Disminuir índice de TDI. ■ Reducir catalizador de estaño. ■ Aumentar rotación del mezclador.
Bajo Valor de Prolongación	<ul style="list-style-type: none"> ■ Valores abajo del normal. 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Disminuir agua y aumentar agente físico de expansión . ■ Disminuir índice de TDI. ■ Reducir catalizador de estaño. ■ Aumentar aire nucleante y o disminuir presión en el alimentador.
Alta Deformación	<ul style="list-style-type: none"> ■ Valores mayores de 10%. 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Ajustar índice de TDI. ■ Aumentar agua y disminuir agente físico de expansión. ■ Disminuir catalizador de estaño y o silicona. ■ Evaluar otra amina.
Baja Sustentación de Carga (ILD)	<ul style="list-style-type: none"> ■ Valores abajo de lo esperado. 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Aumentar índice de TDI. Aumentar ■ Aumentar agua y disminuir agente físico de expansión. ■ Chequear calibración de los componentes
Alto Soporte de Carga (ILD)	<ul style="list-style-type: none"> ■ Valores arriba del esperado. 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Disminuir índice de TDI. ■ Reducir catalizador de estaño. ■ Disminuir agua y aumentar agente físico de expansión. ■ Verificar calibración de los componentes.

INFORMATIVO DE SEGURIDAD

DIAMANTE DE RIESGOS:

Es un sistema rápido de reconocimiento del riesgo de productos peligrosos. El diamante no da informaciones detalladas sobre las propiedades especiales tales como, toxicidad, corrosivo etc.

El diamante es representado por un cuadro subdividido internamente en otros cuatro cuadrados.

donde a = Riesgos de Vida	(campo azul - izquierda)
b= Riesgos de Fuego	(campo rojo - arriba)
c = Riesgos de reacción	(campo amarillo - derecha)
d = Riesgos Específico	(campo blanco - abajo)

Todos los riesgos están clasificados con números que van de 0 a 4 donde 0(cero) es el menor riesgo y el cuatro el mayor.

DESCRIPCIÓN DE LOS VALORES NUMÉRICOS.

a) Vida

- 0 = sin riesgo.
- 1 = Poco riesgo.
- 2 = Peligroso .
- 3 = Extremadamente peligroso .
- 4 = Mortal

b) Fuego:

- 0 = No quema.
- 1 = Temperaturas superior a 94°C.
- 2 = Temperaturas abajo de 94°C.
- 3 = Temperaturas abajo de 38°C.
- 4 = Temperaturas abajo de 22°C.

“INFORMATIVO DE SEGURIDAD”

c) Reacción

- 0 = Estable con calorías
- 1 = Inestable con calorías.
- 2 = Reacción química fuerte.
- 3 = Peligro de explosión bajo calor o fuerte impacto (agitación ,caída).
- 4 = Puede detonar.

d) Especifico

- | | |
|--------------------|----------------------|
| diamante vacío | = Sin riesgo |
| diamante con W | = NO USAR AGUA PARA. |
| diamante con OXY | = Oxidante |
| Diamante con ACID | = Ácido |
| Diamante con ALK | = Alkalis |
| Diamante con Color | = Corrosivo |
| Diamante con | = Radiactivo |

Ejemplos :

- Diisocianato de Tolueno 80/20 ⇒ **TDI 80/20**
- Dimetiletanolamina – DMEA
- Silicona Nix L540

INFORMACIONES IMPORTANTES

- En la producción de espuma en bloque
- Debemos siempre mantener fijos los parámetros “**tiempo, secuencia de mezcla, rotación y volumen**”.
- Es importante mantener las **palas del agitador de 10 a 15% de la altura** total del volumen, para evitar la entrada de “aire” durante la premezcla .
- Mezclar **Cloruro al TDI** es una buena indicación, para evitar la formación de orificios en la espuma.
- Usar **film plástico** en lugar de el desmoldante en producción de la espuma en box permite obtener bloques con mejores aspectos y facilita la manipulación.
- En proceso continuo cuando es usada la **mezcla de TDI's** (T80/20 + T65/35), El retiro de la **muestra** de espuma para verificar la apertura de las células deberá ser mas distante del alimentador mezclador de que cuando producida con solamente TDI 80/20. Esto es debido la lenta respuesta. polimerización del TDI 65/35.





Tiempos de agitacion sugeridos

(ASA = mezcla: Agua - Silicona - Amina)

Velocidad de Agitacion*	Densidades menor a 18Kg/m3	Densidades entre 18 y 26Kg/m3	Densidades mayores a 26Kg/m3
Menor a 800rpm	Carga = 90seg ASA = 40seg T9 = 40seg TDI = 6-7seg	Carga = 120seg ASA = 40seg T9 = 40seg TDI = 6-7seg	Carga = 150seg ASA = 45seg T9 = 45seg TDI = 7-8seg
de 800-1.300rpm	Carga = 75seg ASA = 35seg T9 = 35seg TDI = 6seg	Carga = 90seg ASA = 40seg T9 = 40seg TDI = 6seg	Carga = 120seg ASA = 45seg T9 = 45seg TDI = 6-7seg
mas de 1.300rpm	Carga = 60seg ASA = 30seg T9 = 30seg TDI = 5seg	Carga = 75seg ASA = 35seg T9 = 35seg TDI = 6seg	Carga = 90seg ASA = 40seg T9 = 40seg TDI = 6seg

*velocidades sugeridas para aspas tipo Helice

*si usan aspa de disco dentado: reducir tiempos de ASA y T9 en 5seg.

*si usan disco liso inclinado: aumentar los tiempos de ASA y T9 en 5seg.

Tipos mas comunes de aspas

Disco dentado	Recomendado donde se usa mucha carga.
Disco liso inclinado	Mas recomendado en formulas sin carga. Donde se requiera mejor uniformidad celular. Introduce menos "pin hole"
Helice	Intermedio de las dos anteriores

Tiempos de reacciones:

* Los tiempos de crema sugeridos son: 16-26seg
* Los tiempos de crecimiento del bloque deben estar entre 100-200seg.
* Los movimientos de la mezcla deben ser en los primeros 5-8seg o despues de que el bloque alcance sus primeros 30cm de altura. Entre esos tiempos es muy importante que la mezcla este en completo reposo.
* El bloque debe tener un "descanso" - "relajamiento" - "respiracion" de unos de 4-8cm una vez alcanzada su altura total.

Notas:

- 1) Mientras mas agitacion celdas mas finas
- 2) Personalmente sugiero, a fin de disminuir "pin holes" que se use una combinacion de la tabla anterior. Usar rpm bajos para las mezclas Carga-ASA-T9 y usar rpm alto para el TDI
- 3) La calidad de la mezcla depende de otras variables como: Distancia del fondo del mezclador, rotacion del motor, Presencia de aletas en el mezclador y de la viscosidad de la mezcla.

Fuente: Luiz Alberto Dos Santos

Hoja de Seguridad

PLURACOL® 4156 POLYOL

Fecha de revisión : 2018/02/28
Versión: 5.0

Página: 5/10
(30426020/SDS GEN US/ES)

Límite inferior de explosividad:	Para líquidos no relevante para la clasificación y el etiquetado El punto de explosión inferior puede estar 5 - 15 °C por debajo del punto de inflamación.
Límite superior de explosividad:	Para líquidos no relevante para la clasificación y el etiquetado
Autoinflamación:	470.00 °C
Presión de vapor:	< 2.00 mmHg (25.00 °C)
Densidad:	1.019 g/cm3 (20 °C)
densidad relativa:	No hay información aplicable disponible.
Densidad de vapor:	no aplicable
Coefficiente de reparto n-octanol/agua (log Pow):	no aplicable
Temperatura de autoignición:	En base a su estructura el producto no se clasifica como autoinflamable.
Descomposición térmica:	Ninguna descomposición, si se almacena y aplica como se indica/está prescrito.
Viscosidad, dinámica:	540.000 mPa.s (25.00 °C)
Viscosidad, cinemático:	No hay información aplicable disponible.
Solubilidad en agua:	poco soluble
Solubilidad (cuantitativo):	No hay información aplicable disponible.
Solubilidad (cualitativo):	No hay información aplicable disponible.
Masa molar:	3,000 g/mol
Velocidad de evaporación:	Los valores pueden ser aproximados de la constante de la ley de Henry o de la presión de vapor.
Otra información:	Si es necesario, en esta sección se indica información sobre otras propiedades fisico-químicas.

10. Estabilidad y reactividad

Reactividad

Ninguna reacción peligrosa, si se tienen en consideración las normas/indicaciones sobre almacenamiento y manipulación.

Corrosión metal:

No es corrosivo para metales.

Propiedades comburentes:

No es un oxidante

Estabilidad química

El producto es estable si se tienen en consideración las normas/indicaciones sobre almacenamiento y manipulación.

Posibilidad de reacciones peligrosas

Ninguna reacción peligrosa, si se tienen en consideración las normas/indicaciones sobre almacenamiento y manipulación.

Hoja de Seguridad

PLURACOL® 4156 POLYOL

Fecha de revisión : 2018/02/28
Versión: 5.0

Página: 6/10
(30426020/SDS GEN US/ES)

Condiciones que deben evitarse

Temperatura: < 0 grados Celsius

Materiales incompatibles

ácidos, medios oxidantes, isocianatos

Productos de descomposición peligrosos

Productos de la descomposición:

Productos peligrosos de descomposición: monóxido de carbono, dióxido de carbono, óxido de nitrógeno, ácido cianhídrico

Descomposición térmica:

Ninguna descomposición, si se almacena y aplica como se indica/está prescrito.

11. Información sobre toxicología

vías primarias de la exposición

Las rutas de entrada para sólidos y líquidos son la ingestión y la inhalación pero puede incluirse contacto con la piel o los ojos. Las rutas de entrada para gases incluye la inhalación y el contacto con los ojos. El contacto con la piel puede ser una ruta de entrada para gases licuados.

Toxicidad aguda/Efectos

Toxicidad aguda

Valoración de toxicidad aguda: Ningún efecto agudo conocido.

Oral

No hay información aplicable disponible.

Inhalación

No hay información aplicable disponible.

Dérmica

No hay información aplicable disponible.

Valoración de otros efectos agudos.

Evaluación simple de la STOT (Toxicidad específica en determinados órganos):

Basado en la información disponible no se espera toxicidad específica en determinados órganos tras una sola exposición

Origen de los datos: Juicio de experto.

Irritación/ Corrosión

Valoración de efectos irritantes: Con una manipulación adecuada, no es de esperar que sea irritante.

Sensibilización

Valoración de sensibilización: Teniendo en cuenta la estructura química, no existe ninguna indicación sobre un efecto sensibilizante. No hay información aplicable disponible.

Peligro de Aspiración

No se espera riesgo por aspiración.

Toxicidad crónica/Efectos

Hoja de Seguridad

PLURACOL® 4156 POLYOL

Fecha de revisión : 2018/02/28
Versión: 5.0

Página: 7/10
(30426020/SDS GEN US/ES)

Toxicidad en caso de aplicación frecuente

Valoración de toxicidad en caso de aplicación frecuente: Tras ingesta oral repetida de la sustancia no ha provocado ningún efecto relacionado con la misma. Una inhalación repetitiva de la sustancia no provoca ningún efecto causado por la misma. El contacto cutáneo repetido con la sustancia no causa efectos relacionados con la misma.

Toxicidad genética

Valoración de mutagenicidad: La estructura química no muestra ninguna sospecha sobre tal efecto. No hay información aplicable disponible.

Carcinogenicidad

Valoración de carcinogenicidad: La estructura química no muestra ninguna sospecha sobre tal efecto. No hay información aplicable disponible.

Toxicidad en la reproducción

Valoración de toxicidad en la reproducción: La estructura química no muestra ninguna sospecha sobre tal efecto. No hay información aplicable disponible.

Teratogenicidad

Valoración de teratogenicidad: La estructura química no muestra ninguna sospecha sobre tal efecto. No hay información aplicable disponible.

Otra información

El producto no ha sido ensayado. La valoración ha sido calculada a partir de las propiedades de sus componentes individuales.

Síntomas de la exposición

Los efectos y síntomas conocidos más importantes se describen en la etiqueta (ver sección 2) y/o en la sección 11.

Riesgos para la salud, que se agrava por el efecto (de la sustancia).

Los datos disponibles no indican que la exposición a esta sustancia/producto pueda agravar molestias de ninguna índole.

12. Información ecológica

Toxicidad

Toxicidad acuática

Valoración de toxicidad acuática:

Existe una alta probabilidad de que el producto no sea nocivo para los organismos acuáticos. El producto no ha sido ensayado. La valoración ha sido calculada a partir de las propiedades de sus componentes individuales.

Persistencia y degradabilidad

Valoración de biodegradación y eliminación (H2O)

Difícil degradación biológica.

Indicaciones para la eliminación

Difícil degradación biológica.

Potencial de bioacumulación

Hoja de Seguridad

PLURACOL® 4156 POLYOL

Fecha de revisión : 2018/02/28
Versión: 5.0

Página: 8/10
(30426020/SDS GEN US/ES)

Evaluación del potencial de bioacumulación

No se acumula de forma notable en el organismo.

Movilidad en el suelo

Evaluación de la movilidad entre compartimentos medioambientales

No es previsible una absorción en las partículas sólidas del suelo.

Indicaciones adicionales

Compuestos orgánicos halogenados (AOX):

El producto no contiene ningún compuesto halógeno orgánico ligado en su estructura.

Más informaciones ecotoxicológicas:

El producto no ha sido ensayado. No permitir que el producto penetre de forma incontrolada en el medio ambiente.

13. Consideraciones relativas a la eliminación / disposición de residuos

Eliminación de la sustancia (residuos):

Incinerar en una instalación autorizada. Elimine en una instalación autorizada. No verter la sustancia/el producto en desagües.

depósitos de envases:

Los tambores de acero deben vaciarse y se pueden enviar a un reacondicionador de tambores autorizado para su reutilización, a un chatarrero o a un vertedero autorizado. No intente rellenar o limpiar los contenedores porque el residuo es difícil de quitar. Los tambores vacíos no deberán, bajo ninguna circunstancia, quemarse o abrirse con un soplete de gas o eléctrico ya que se podrían liberar productos de descomposición tóxicos. No reutilizar los envases vacíos.

14. Información relativa al transporte

Transporte por tierra

USDOT

Mercancía no peligrosa según los criterios de la reglamentación del transporte

Transporte marítimo

por barco

IMDG

Mercancía no peligrosa según los criterios de la reglamentación del transporte

Sea transport

IMDG

Transporte aéreo

IATA/ICAO

Mercancía no peligrosa según los criterios de la reglamentación del transporte

Air transport

IATA/ICAO

15. Reglamentaciones

Reglamentaciones federales

Situación del registro:

Hoja de Seguridad

PLURACOL® 4156 POLYOL

Fecha de revisión : 2018/02/28
Versión: 5.0

Página: 9/10
(30426020/SDS GEN US/ES)

Producto químico TSCA, US autorizado / inscrito

EPCRA 311/312 (categorías de peligro): Consulte la sección 2 de la Hoja de Datos de Seguridad para los peligros del Sistema Globalmente Armonizado aplicables a este producto.

Safe Drinking Water & Toxic Enforcement Act, CA Prop. 65:

ADVERTENCIA: Este producto puede exponerle a productos químicos incluyendo METHANOL, conocido por el Estado de California que puede causar defectos congénitos u otros daños durante la reproducción. Para mayor información, consulte www.P65Warnings.ca.gov.

NFPA Código de peligro:

Salud: 1 Fuego: 1 Reactividad: 0 Especial:

HMIS III Clasificación

Salud: 1 Flamabilidad: 1 Riesgos físicos: 0

16. Otra información

FDS creado por:

BASF NA Producto Regularizado
FDS creado en: 2018/02/28

Respal damos las iniciativas Responsible Care® a nivel mundial. Valoramos la salud y seguridad de nuestros empleados, clientes, suministradores y vecinos, y la protección del medioambiente. Nuestro compromiso con el Responsible Care es integral llevando a cabo a nuestro negocio y operando nuestras fábricas de forma segura y medioambientalmente responsable, ayudando a nuestros clientes y suministradores a asegurar la manipulación segura y respetuosa con el medioambiente de nuestros productos, y minimizando el impacto de nuestras actividades en la sociedad y en el medioambiente durante la producción, almacenaje, transporte uso y eliminación de nuestros productos.

PLURACOL es una marca registrada de BASF Corporation o BASF SE
IMPORTANTE: MIENTRAS QUE LAS DESCRIPCIONES, LOS DISEÑOS, LOS DATOS Y LA INFORMACIÓN CONTENIDA ADJUNTO SE PRESENTAN EN LA BUENA FE, SE CREEN QUE PARA SER EXACTOS, SE PROPORCIONA SU DIRECCIÓN SOLAMENTE. PORQUE MUCHOS FACTORES PUEDEN AFECTAR EL PROCESO O APLICACIONES EN USO, RECOMENDAMOS QUE USTED HAGA PRUEBAS PARA DETERMINAR LAS CARACTERÍSTICAS DE UN PRODUCTO PARA SU PROPÓSITO PARTICULAR ANTES DEL USO. NO SE HACE NINGUNA CLASE DE GARANTÍA, EXPRESADA O IMPLICADA, INCLUYENDO GARANTÍAS MERCANTILES O PARA APTITUD DE UN PROPÓSITO PARTICULAR, CON RESPECTO A LOS PRODUCTOS DESCRITOS O LOS DISEÑOS, LOS DATOS O INFORMACIÓN DISPUESTOS, O QUE LOS PRODUCTOS, LOS DISEÑOS, LOS DATOS O LA INFORMACIÓN PUEDEN SER UTILIZADOS SIN LA INFRACCIÓN DE LOS DERECHOS DE OTROS. EN NINGÚN CASO LAS DESCRIPCIONES, INFORMACIÓN, LOS DATOS O LOS DISEÑOS PROPORCIONADOS SE CONSIDEREN UNA PARTE DE NUESTROS TÉRMINOS Y CONDICIONES DE LA VENTA. ADEMÁS, ENTIENDE Y CONVIENE QUE LAS DESCRIPCIONES, LOS DISEÑOS, LOS DATOS, Y LA INFORMACIÓN EQUIPADA POR NUESTRA COMPAÑÍA ABAJO DESCRITOS ASUME NINGUNA OBLIGACIÓN O RESPONSABILIDAD POR LA DESCRIPCIÓN, LOS DISEÑOS, LOS DATOS E INFORMACIÓN DADOS O LOS RESULTADOS OBTENIDOS, TODOS LOS QUE SON DADOS Y ACEPTADOS EN SU RIESGO.

Hoja de Seguridad

PLURACOL® 4156 POLYOL

Fecha de revisión : 2018/02/28
Versión: 5.0

Página: 10/10
(30426020/SDS GEN US/ES)

BASF CORPORATION no pondrá sus productos a disposición de clientes para el uso en la fabricación de dispositivos médicos que se piensen implantar permanentemente en humanos o en contacto permanente con tejidos finos o líquidos corporales internos.

Final de la Ficha de Datos de Seguridad



Hoja de Seguridad PLURACOL® 4156 POLYOL

Fecha de revisión : 2018/02/28
Versión: 5.0

Página: 1/10
(30426020/SDS_GEN_US/ES)

1. Identificación

Identificador del producto utilizado en la etiqueta

PLURACOL® 4156 POLYOL

Uso recomendado del producto químico y restricciones de uso

Utilización adecuada*: componente de poliuretano; productos químicos industriales
Campo de aplicación adecuado: Industria de polímeros; industria química

* El 'Uso recomendado' identificado para este producto se facilita únicamente para cumplir con un requerimiento federal y no es parte de las especificaciones publicadas por el vendedor. Los términos de esta Ficha de Datos de Seguridad (FDS) no crean ni generan ninguna garantía, expresa o implícita, incluida por incorporación en el acuerdo de venta con el vendedor o en referencia al mismo.

Datos del proveedor de la ficha de datos de seguridad

Empresa:
BASF CORPORATION
100 Park Avenue
Florham Park, NJ 07932, USA

Teléfono: +1 973 245-6000

Teléfono de emergencia

CHEMTREC: 1-800-424-9300
BASF HOTLINE: 1-800-832-HELP (4357)

Otros medios de identificación

Familia química: polioli

2. Identificación de los peligros

Según la reglamentación 2012 OSHA Hazard Communication Standard: 29 CFR Part 1910.1200

Clasificación del producto

El producto no requiere ninguna clasificación de acuerdo con los criterios del GHS.

Elementos de la etiqueta

El producto no requiere ninguna etiqueta de aviso de peligro de acuerdo con los criterios del GHS.

Hoja de Seguridad

PLURACOL® 4156 POLYOL

Fecha de revisión : 2018/02/28
Versión: 5.0

Página: 2/10
(30426020/SDS GEN US/ES)

Sustancias peligrosas no clasificadas de otra manera

Ningún riesgo específico conocido, respetando las reglamentaciones/indicaciones para el almacenamiento y la manipulación.

3. Composición / Información Sobre los Componentes

Según la reglamentación 2012 OSHA Hazard Communication Standard; 29 CFR Part 1910.1200

El producto no contiene componentes clasificados como peligrosos para la salud por encima del valor de límite establecido en la legislación de referencia.

El producto contiene:

<u>Número CAS</u>	<u>Peso %</u>	<u>Nombre químico</u>
9082-00-2	> 75.0 - <= 100.0%	Oxirane, Methyl-, Polymer with Oxirane, Ether with 1,2,3-Propanetriol (3:1)

4. Medidas de primeros auxilios

Descripción de los primeros auxilios

Indicaciones generales:

Quitarse la ropa contaminada.

En caso de inhalación:

Llevar a la persona afectada al aire libre y dejarla reposar en calma. Dar respiración artificial si es necesario. Buscar atención médica inmediata.

En caso de contacto con la piel:

Lavar a fondo con agua y jabón la zona afectada de la piel. Si la irritación persiste, acuda al médico.

En caso de contacto con los ojos:

En caso de contacto con los ojos, lavar inmediatamente y con abundante agua al menos durante 15 minutos. Buscar atención médica inmediata.

En caso de ingestión:

Lavar la boca y beber posteriormente abundante agua. No provocar vómito. No provocar nunca el vómito o suministrar algo por la boca, cuando la persona afectada está inconsciente o padece convulsiones. Buscar atención médica inmediata.

Principales síntomas y efectos, agudos y retardados

Síntomas: Los efectos y síntomas conocidos más importantes se describen en la etiqueta (ver sección 2) y/o en la sección 11.

Peligros: Ningún riesgo previsible.

Indicación de cualquier atención médica inmediata y de los tratamientos especiales que se requieran.

Hoja de Seguridad

PLURACOL® 4156 POLYOL

Fecha de revisión : 2018/02/28
Versión: 5.0

Página: 3/10
(30426020/SDS GEN US/ES)

Indicaciones para el médico

Tratamiento: Tratamiento sintomático (descontaminación, funciones vitales), no es conocido ningún antídoto específico.

5. Medidas de lucha contra incendios

Medios de extinción

Medios de extinción adecuados:
agua pulverizada, extintor de polvo, dióxido de carbono, espuma

Peligros específicos derivados de la sustancia o la mezcla

Peligro al luchar contra incendio:
No se conocen peligros específicos.

Recomendaciones para el personal de lucha contra incendios

Equipo de Protección personal en caso de fuego:
Utilizar traje de bombero completo y equipo de protección de respiración de autocontenido.

Información adicional:

Eliminar los restos del incendio y el agua de extinción contaminada respetando las legislaciones locales vigentes.

6. Indicaciones en caso de fuga o derrame

Notas adicionales para caso liberación:

En caso de derrame de producto, peligro extremo de resbalones.

Precauciones personales, equipo de protección y procedimientos de emergencia

Utilizar ropa de protección personal.

Precauciones relativas al medio ambiente

No tirar los residuos por el desagüe. Evitar que el producto penetre en el suelo/subsuelo.

Métodos y material de contención y de limpieza

Es necesario reunir, solidificar y colocar los residuos en contenedores apropiados para su eliminación.

7. Manipulación y almacenamiento

Precauciones para una manipulación segura

Buena aireación/ventilación del almacén y zonas de trabajo. Proteger de la humedad.

Protección contra incendio/explosión:

No se recomienda ninguna medida especial.

Condiciones de almacenamiento seguro, incluidas posibles incompatibilidades

Separar de alimentos, bebidas y alimentos para animales Separar de ácidos. Separar de agentes oxidantes.

materiales adecuados: Acero de carbono (hierro), Polietileno de alta densidad (HDPE), Polietileno de baja densidad (LDPE), Acero inoxidable 1.4301 (V2)

Hoja de Seguridad

PLURACOL® 4156 POLYOL

Fecha de revisión : 2018/02/28
Versión: 5.0

Página: 4/10
(30426020/SDS GEN US/ES)

Otras especificaciones sobre condiciones almacenamiento: Guardar en lugar seco los recipientes cerrados herméticamente.

Estabilidad durante el almacenamiento:
Temperatura de almacenamiento: 21 - 43 °C
Proteger de la humedad.

La temperatura indicada se refiere a la seguridad y a la protección de la salud en el puesto de trabajo. Con respecto a temas de Calidad, deberán dirigirse a la Información Técnica del producto.

8. Controles de exposición/Protección personal

No hay límites de exposición profesional conocidos

Diseño de instalaciones técnicas:

Proveer ventilación de extracción local para controlar vapores y/o neblinas.

Equipo de protección personal

Protección de las vías respiratorias:

Utilizar un respirador para vapores orgánicos y partículas aprobado por NIOSH, STPS en México (o equivalente).

Protección de las manos:

Guantes de protección resistentes a productos químicos

Protección de los ojos:

Utilizar pantalla facial o goggles herméticos (ventilación indirecta) si existe riesgo de salpicadura.

Protección corporal:

Ropa y calzado de trabajo estándar.

Medidas generales de protección y de higiene:

Evitese el contacto con la piel. Manipular de acuerdo con las normas de seguridad para productos químicos. Usar indumentaria protectora en la medida de lo posible, para evitar el contacto. Evite la inhalación de vapores/pulverizaciones. Evitese el contacto con la piel. Manipular de acuerdo con las normas de seguridad para productos químicos. Usar indumentaria protectora en la medida de lo posible, para evitar el contacto. Evite la inhalación de vapores/pulverizaciones. Lavar inmediatamente la indumentaria contaminada.

9. Propiedades físicas y químicas

Forma:	líquido
Olor:	a poliol
Umbral de olor:	no aplicable
Color:	incolore hasta poco amarillento
Valor pH:	> 7.0
Punto de solidificación:	< 0.00 °C
Punto de ebullición:	> 200.00 °C (760.000000 mmHg)
Punto de sublimación:	No hay información aplicable disponible.
Punto de inflamación:	> 94.00 °C (copa cerrada)
Flamabilidad:	difícilmente inflamable



ARCOL[®] F-3040

Storage

Arcol F-3040 polyol is slightly hygroscopic and may absorb water. Containers should be kept tightly closed and protected from contamination with moisture and foreign materials, which can adversely affect product quality.

This polyol can become quite viscous at low temperatures. For ease of handling, storage temperatures between 15°C (59°F) and 60°C (140°F) are recommended.

The shelf life is twelve months after receipt of material by customer, when stored in sealed original containers under conditions stated above.

Health and Safety Information

Appropriate literature has been assembled which provides information concerning the health and safety precautions that must be observed when handling this product. Before working with this product, you must read and become familiar with the available information on its risks, proper use, and handling. This cannot be overemphasized. Information is available in several forms, e.g., safety data sheets and product labels. For further information contact your Covestro LLC representative or the Product Safety and Regulatory Affairs Department in Pittsburgh, PA.

The manner in which you use and the purpose to which you put and utilize our products, technical assistance and information (whether verbal, written or by way of production evaluations), including any suggested formulations and recommendations, are beyond our control. Therefore, it is imperative that you test our products, technical assistance and information to determine to your own satisfaction whether our products, technical assistance and information are suitable for your intended uses and applications. This application-specific analysis must at least include testing to determine suitability from a technical as well as health, safety, and environmental standpoint. Such testing has not necessarily been done by us. Unless we otherwise agree in writing, all products are sold strictly pursuant to the terms of our standard conditions of sale which are available upon request. All information and technical assistance is given without warranty or guarantee and is subject to change without notice. It is expressly understood and agreed that you assume and hereby expressly release us from all liability, in tort, contract or otherwise, incurred in connection with the use of our products, technical assistance, and information. Any statement or recommendation not contained herein is unauthorized and shall not bind us. Nothing herein shall be construed as a recommendation to use any product in conflict with any claim of any patent relative to any material or its use. No license is implied or in fact granted under the claims of any patent.

This product is not designated as "Medical Grade" and therefore shall not be considered a candidate for the manufacture of a medical device or of intermediate products for medical devices, which are intended under normal use to be brought into direct contact with the patient's body (e.g., skin, body fluids or tissues, including indirect contact to blood). If the intended use of the product is for the manufacture of a medical device or of intermediate products for medical devices, Covestro LLC must be contacted in advance, in writing, to provide its agreement to sell such product for such purpose. Nonetheless, any determination as to whether a product is appropriate for use in a medical device or intermediate products for medical devices must be made solely by the purchaser of the product without relying upon any representations by Covestro LLC. For further information, please see the "Guidance on Use of Covestro Products in a Medical Application" document which can be located at www.productsafetyfirst.covestro.com

Editor: Covestro LLC
1 Covestro Circle
Pittsburgh, Pennsylvania 15205
United States
www.covestro.com

Contact:
General Information
Tel. 1-844-646-0545

page 2 of 2

Document contains important information and must be read in its entirety.

Edition 2014-12-15

Replaces edition dated 2012-09-14



Product Datasheet



ARCOL[®] F-3040

Characterization

Arcol F-3040 polyol is a 3,000-molecular-weight triol used in the production of one-shot flexible urethane slabstock foams.

Specification Property	Value	Unit of measurement	Method
Hydroxyl number	54.5 - 57.5	mg KOH/g	
Water, Wt.	max. 0.05	%	
Acid number	max. 0.02	mg KOH/g	
Color, APHA	max. 50		

Other data*

Property	Value	Unit of measurement	Method
Appearance	Clear, viscous liquid		
Specific gravity at 25°C	1.02		
Viscosity at 25°C	580	cps	
Flash point PMCC	> 235	°C	
Bulk density at 25°C	8.6	lb/gal	

*These values provide general information and are not part of the product specification.

Properties / Applications

Arcol F-3040 polyol is a 3,000-molecular-weight triol used in the production of one-shot flexible urethane slabstock foams. The full range of flexible foams from extra soft to extra firm, with varying densities, can be made with Arcol F-3040 polyol. As with any product, use of Arcol F-3040 polyol in a given application must be tested (including but not limited to field testing) in advance by the user to determine suitability.

Nombre del producto: VORANOL* 4053 POLIOL

Fecha: 02.04.2008

Riesgos no usuales de Fuego y Explosión: El contenedor se puede romper por la producción de gas en una situación de incendio. Puede ocurrir una generación de vapor violenta o erupción por aplicación directa de chorro de agua a líquidos calientes.

Productos de combustión peligrosos: Durante un incendio, el humo puede contener el material original junto a productos de la combustión de composición variada que pueden ser tóxicos y/o irritantes. Los productos de la combustión pueden incluir, pero no exclusivamente: Monóxido de carbono. Dióxido de carbono (CO₂).

6. Medidas en caso de derrames o fugas accidentales

Pasos que deben tomarse si el material es liberado o derramado: Confinar el material derramado si es posible. Absorber con materiales tales como: Barro. Arena. Serrín. Se recogerá en recipientes apropiados y debidamente etiquetados. Lavar el lugar del derrame con agua. Ver Sección 13, Consideraciones relativas a la eliminación, para información adicional.

Eliminación de las Fuentes de Ignición: Manténgase lejos de las fuentes de ignición.

Control del Polvo: No aplicable.

Precauciones individuales: El producto derramado puede ocasionar un riesgo de caída por suelo resbaladizo. Usar el equipo de seguridad apropiado. Para información adicional, ver la Sección 8, Controles de exposición/ protección individual.

Protección del medio ambiente: Evitar la entrada en suelo, zanjas, alcantarillas, cursos de agua y/o aguas subterráneas. Ver sección 12, Información ecológica.

7. Manipulación y almacenamiento

Manipulación

Manejo General: El producto expedido o manipulado estando aún caliente puede provocar quemaduras térmicas. Mantenga cerrado el contenedor. Este producto es de naturaleza higroscópica.

Otras Precauciones: Los derrames de estos productos orgánicos sobre materiales de aislamientos fibrosos y calientes pueden dar lugar a una disminución de las temperaturas de autoignición y posible combustión espontánea.

Almacenamiento

Proteger de la humedad atmosférica. Consérvese en lugar seco. Use los materiales siguientes para almacenar: Acero al carbono. Acero inoxidable. Polipropileno. Contenedor revestido de polietileno. Teflón. Contenedor revestido de vidrio. Aluminio. Contenedor revestido de Plasite 3066. Contenedor revestido de Plasite 3070. Acero inoxidable 316. Ver Sección 10 para información más específica.

Tiempo de validez: Use dentro de	Temperatura del almacenamiento:
24 Meses	15 - 35 °C

8. Controles de la exposición/protección personal

Límites de exposición

Ninguno establecido.

Protección Personal

Protección de ojos/cara: Utilice gafas de seguridad.

Protección Cutánea: No son necesarias precauciones especiales, aparte de llevar ropa limpia que cubra todo el cuerpo. Cuando se maneje producto caliente, protéjase la piel contra las quemaduras térmicas. La selección de equipos específicos dependerá del tipo de operación.

Protección de las manos: Los guantes de protección química no deberían ser necesarios para el manejo de este producto. El contacto con la piel debería ser mínimo de acuerdo con

|| las prácticas de higiene general para este producto. Utilice guantes con aislante aplicable a la protección térmica cuando se juzgue necesario

|| **Protección respiratoria:** Una protección respiratoria debería ser usada cuando existe el potencial de sobrepasar los límites de exposición requeridos o guías. En el caso de que no existan guías o valores límites de exposición requeridos aplicables, use protección respiratoria cuando los efectos adversos, tales como irritación respiratoria o molestias hayan sido manifestadas, o cuando sea indicado por el proceso de evaluación de riesgos. No es necesaria la protección respiratoria en la mayoría de los casos; sin embargo, si se pulveriza el material, utilice una mascarilla respiratoria homologada. Los tipos de mascarillas respiratorias siguientes deberían ser eficaces: Cartucho para vapor orgánico con un prefiltro de partículas.

|| **Ingestión:** Practique una buena higiene personal. No coma ó guarde comida en el área de trabajo. Lávese las manos antes de comer ó fumar.

Medidas de Orden Técnico

|| **Ventilación:** Usar ventilación local de extracción, u otros controles técnicos para mantener los niveles ambientales por debajo de los límites de exposición requeridos o guías. En el caso de que no existieran límites de exposición requeridos aplicables o guías, una ventilación general debería ser suficiente para la mayor parte de operaciones. Puede ser necesaria la ventilación local en algunas operaciones.

9. Propiedades físicas y químicas

Estado Físico	líquido
Color	incoloro a amarillo
Olor	Ligero
Punto de Inflamación - Closed Cup	>= 204 °C <i>Pensky-Martens Closed Cup ASTM D 93</i>
Límites de Inflamabilidad en el Aire	Inferior: No se disponen de datos de ensayo Superior: No se disponen de datos de ensayo
Temp. de auto-ignición:	No se disponen de datos de ensayo
Presión de vapor:	Se espera que sea bajo
Punto de ebullición (760 mmHg)	se descompone antes de llegar a la ebullición, Bibliografía.
Densidad de vapor (aire=1):	>Aire
Peso específico (H₂O = 1)	>= 1,00 25 °C/25 °C <i>Bibliografía</i>
Punto de congelación	No se disponen de datos de ensayo
Punto de fusión	No aplicable
Solubilidad en el Agua (en peso)	soluble, Bibliografía
pH:	No se disponen de datos de ensayo
Viscosidad Dinámica	1.100 mPa.s @ 25 °C

10. Estabilidad y reactividad

Estabilidad / Inestabilidad

|| Estable en las condiciones de almacenamiento recomendadas. Ver Almacenaje, sección 7.

|| **Condiciones a Evitar:** El producto se puede oxidar a temperaturas elevadas. La generación de gas durante la descomposición puede originar presión en sistemas cerrados.

|| **Materiales Incompatibles:** Evite el contacto con los materiales oxidantes. Evitar el contacto con: Ácidos fuertes. Evite el contacto accidental con isocianatos. La reacción entre los polioles y isocianatos genera calor.

Polimerización Peligrosa

|| No se producirá espontáneamente.

Descomposición Térmica

Los productos de descomposición pueden incluir, sin limitarse a: Dióxido de carbono (CO₂).
Alcoholes. Eteres. Hidrocarburos. Cetonas. Fragmentos de polímero.

11. Información toxicológica**Toxicidad aguda****Ingestión**

Típico para esta familia de materiales. Estimado DL50, Rata > 2.000 mg/kg

Absorción por la Piel

Típico para esta familia de materiales. DL50, Conejo > 5.000 mg/kg
DL50, Rata > 2.000 mg/kg

12. Información ecológica**DESTINO QUÍMICO****Movimiento y Reparto**

No se prevé bioconcentración debido a su solubilidad relativamente alta en agua.

Persistencia y Degradabilidad

Basado en informaciones sobre un producto similar. El material es inherentemente biodegradable.
Alcanza más del 20% de biodegradación en ensayos OECD de biodegradabilidad inherente.

ECOTOXICIDAD

Basado en informaciones sobre un producto similar. El producto es prácticamente no tóxico para los organismos acuáticos en base aguda (CL50/CE50 > 100 mg/L para la mayoría de especies sensibles ensayadas).

13. Consideraciones relativas a la eliminación

NO ENVIAR A NINGUN DESAGÜE, NI AL SUELO NI A NINGUNA CORRIENTE DE AGUA. Todas las prácticas de vertido deben cumplir las Leyes y Reglamentos Federales, Estatales, Provinciales y Locales. Los reglamentos pueden variar según la localización. El generador de los residuos es el único responsable de la caracterización de los mismos y del cumplimiento de las Leyes aplicables. COMO PROVEEDOR, NO TENEMOS CONTROL SOBRE LAS PRÁCTICAS DE GESTIÓN NI LOS PROCESOS DE FABRICACIÓN DE LAS PARTES QUE MANEJAN O USAN ESTE PRODUCTO. LA INFORMACIÓN PRESENTADA EN ESTE DOCUMENTO SE REFIERE SOLAMENTE AL PRODUCTO EN LAS CONDICIONES DE ENVÍO PREVISTAS Y DESCRITAS EN LA SECCIÓN DE LA HOJA DE SEGURIDAD: Información sobre la composición. PARA LOS PRODUCTOS NO USADOS NI CONTAMINADOS, las opciones preferidas incluyen el envío a un lugar aprobado y autorizado. Reciclador. Recuperador. Incinerador u otro medio de destrucción térmica. Para información adicional, consulte: Información sobre manejo y almacenamiento, Sección 7 de la MSDS Información sobre estabilidad y reactividad, Sección 10 de la MSDS Información sobre Legislación, Sección 15 de la MSDS Como servicio para sus clientes. Dow puede suministrar los nombres de las compañías que gestionan los residuos y otras instalaciones que reciclan, reprocessan o gestionan los productos químicos y plásticos y gestionan los envases usados.

14. Información relativa al transporte**REGLAMENTACIONES NACIONALES E INTERNACIONALES**

TRANSPORTE TERRESTRE (US DOT): Los Reglamentos de transporte Terrestre en América Latina - Región Sur (Argentina, Chile, Paraguay y Uruguay) respetan los reglamentos del US DOT con algunas excepciones.

TRANSPORTE TERRESTRE - AMÉRICA LATINA REGIÓN SUR

En conformidad con el reglamento de la REGIÓN SUR de América Latina, este producto No está clasificado como peligroso según las leyes y normas de los siguientes países:
Brasil/Argentina/Paraguay/Uruguay - MERCOSUR - Acuerdo de Facilitación para el Transporte de Mercancías Peligrosas (Brasil Ley 1797 de 25/1/1996); Argentina: Ley 22.449/1995 Dto. 779/1995 (Alineado ao Mercosur) Chile - Leyes 298 de 25/11/1994 y 198 de 28/9/2000.

CARRETERA & FERROCARRIL Empacado

NO REGULADO

CARRETERA & FERROCARRIL Granel

NO REGULADO

TRANSPORTE MARÍTIMO - IMDG

NO REGULADO

TRANSPORTE AÉREO - ICAO/IATATA

NO REGULADO

Esta información no pretende abarcar toda la información / requisitos legislativos específicos u operacionales del producto. La información adicional sobre el sistema de transporte puede obtenerse a través de un representante autorizado de la organización de ventas o servicio de atención al cliente. Es responsabilidad de la organización del transporte el cumplimiento de todas las leyes, regulaciones y normas aplicables relativas al transporte del producto.

15. Información reglamentaria

Inventario Europeo de los productos químicos comercializados (EINECS)

Los componentes de este producto figuran en el inventario (EINECS) ó están exentos de su inclusión en el mismo.

US. Toxic Substances Control Act (TSCA)

Todos los componentes de este producto están en el inventario del TSCA o están exentos de los requisitos del TSCA según 40 CFR 720.30

Se recomienda que el cliente verifique en el lugar donde se usa este producto si el mismo se encuentra específicamente reglamentado para su aplicación en consumo humano o aplicaciones veterinarias, como aditivo en productos comestibles o farmacéuticos o de envasado, productos sanitarios y cosméticos, o aún como agente controlado reconocido como precursor en la fabricación de drogas, armas químicas y municiones.

16. Otra información

Información Bibliográfica del producto

La información complementaria sobre este producto puede ser obtenida llamando al contacto de ventas o servicio de atención al cliente de Dow Chemical.

Sistema de Clasificación de Peligros

NFPA	Salud	Fuego	Reactividad
	1	1	0

Usos Recomendados y Restricciones.

Componente para la fabricación de polímeros de poliuretano. Dow recomienda que este producto sea usado según las aplicaciones enumeradas. Por favor contacte con el Grupo de Servicio al Cliente de Dow si pretende usar este producto para otras aplicaciones.

Revisión

Número de Identificación: 80716 / 1001 / Fecha 02.04.2008 / Versión: 3.0

Las revisiones más recientes están marcadas con doble barra y negrita en la margen izquierda del documento.

Legenda

N/A	No disponible.
P/P	Peso/Peso
OEL	Límite de Exposición Ocupacional
STEL	Límite Exposición de Corta Duración.
TWA	Promedio Ponderado en Tiempo
ACGIH	American Conference of Governmental Industrial Hygienists, Inc.
DOW IHG	Recomendaciones de Higiene Industrial de Dow
"WEEL"	"Workplace Environmental Exposure Level"
HAZ DES	Designación de los Peligros

The Dow Chemical Company recomienda a cada cliente o usuario que reciba esa HOJA DE INFORMACIÓN PARA MANEJO SEGURO DEL PRODUCTO que la estudie cuidadosamente, y de ser necesario o apropiado, consulte a un especialista con el objeto de conocer los riesgos asociados al producto y comprender los datos de esa hoja. Las informaciones aquí contenidas son verídicas y precisas en cuanto a los datos mencionados. No obstante no se otorga ninguna garantía expresa o implícita. Los requisitos legales y reglamentarios se encuentran sujetos a modificaciones y pueden diferir de una jurisdicción a otra. Es responsabilidad del usuario asegurar que sus actividades cumplan con la legislación en vigor. Las informaciones contenidas en estas HOJAS corresponden exclusivamente al producto tal cual fue despachado, en su envase original. Como las condiciones de uso del producto están fuera del control de nuestra Compañía, corresponde al comprador / usuario determinar las condiciones necesarias para su uso seguro. Debido a la proliferación de fuentes de informaciones, como las hojas de información de otros proveedores, nosotros no somos y no podemos ser responsables de las hojas de información obtenidas de otras fuentes. Si hubiera obtenido una hoja de información de otra fuente distinta o si no estuviera seguro que la misma fuera la vigente, póngase en contacto con nosotros y solicite la información actualizada.



Hoja de Datos de Seguridad del Producto

The Dow Chemical Company

Nombre del producto: VORANOL* 4053 POLIOL

Fecha: 02.04.2008
Fecha de Impresión: 29 Sep
2009

The Dow Chemical Company le ruega que lea atentamente esta ficha de seguridad (FDS) y espera que entienda todo su contenido ya que contiene información importante. Recomendamos que siga las precauciones indicadas en este documento, salvo que se produzcan condiciones de uso que precisen otros métodos ó acciones

1. Identificación del producto y de la compañía

Nombre del producto
VORANOL* 4053 POLIOL

IDENTIFICACIÓN DE LA COMPAÑÍA.

The Dow Chemical Company
2030 Willard H. Dow Center
Midland, MI 48674
USA

Número de información para el cliente: 800-258-2436

NÚMERO TELEFÓNICO DE EMERGENCIA

Contacto de Emergencia 24 horas: 989-636-4400
Contacto Local para Emergencias: (56) 41-508300

2. Información sobre la composición

Este producto es una mezcla.

Componente	CAS #	Cantidad
Polímero de óxido de etileno, óxido de propileno y glicerol	9082-00-2	> 5,0 - < 20,0 %
Polímero de óxido de etileno, óxido de propileno y sucrosa	26301-10-0	> 80,0 - < 100,0 %

Si se trata de un material peligroso según el criterio de transporte, por favor vea la sección 14 para encontrar el componente que clasificó al material como peligroso.

3. Identificación de riesgos

Revisión general de emergencia.

Color: incoloro a amarillo

Estado Físico: líquido

®(TM)*Marca comercial de la compañía Dow Chemical ("Dow") o de una filial de Dow

Olor: Ligero

Peligros del producto:

No se conocen respuestas de emergencia para riesgos inmediatos significativos.

Efectos potenciales sobre la salud.

Contacto con los Ojos: Puede provocar un dolor desmesurado al nivel de irritación de los tejidos oculares. Puede irritar levemente los ojos de forma transitoria. No es probable que produzca lesión en la córnea.

Contacto con la piel: No es probable que por una exposición prolongada o repetida se irrite la piel de modo significativo. El producto puede ser manipulado a temperaturas elevadas; el contacto con el producto calentado puede causar quemaduras térmicas.

Absorción por la Piel: No es probable que un contacto prolongado con la piel provoque una absorción en cantidades perjudiciales.

Inhalación: A la temperatura ambiente, la exposición al vapor es mínima debido a la baja volatilidad; es improbable que una simple exposición sea peligrosa. Vapores del material caliente o sus nieblas pueden provocar irritación respiratoria.

Ingestión: La toxicidad por ingestión es baja. La ingesta accidental de pequeñas cantidades durante las operaciones normales de mantenimiento no debería causar lesiones; sin embargo, la ingesta de grandes cantidades puede causarlas.

4. Procedimientos para primeros auxilios

Contacto con los Ojos: Lavar los ojos cuidadosamente con agua durante algunos minutos. Quitar las lentes de contacto después de los 1-2 minutos iniciales y seguir lavando unos minutos más. Si se observan efectos, consultar a un médico, preferiblemente un oftalmólogo.

Contacto con la piel: Lavar la piel con agua abundante.

Inhalación: Trasladar al afectado al aire libre. Si se producen efectos, consultar a un médico.

Ingestión: En caso de ingestión, acuda a un médico. Nunca debe inducir al paciente al vómito a no ser que el personal médico indique lo contrario.

Advertencia médica: Si hay quemaduras, trátelas como quemaduras térmicas, después de descontaminarlas. No hay antídoto específico. El tratamiento de la exposición se dirigirá al control de los síntomas y a las condiciones clínicas del paciente.

5. Medidas de lucha contra incendios

Medios de Extinción: Niebla o agua pulverizada/atomizada. Extintores de polvo químico. Extintores de anhídrido carbónico. Espuma. No utilizar agua a chorro directamente. Puede extender el fuego. El uso de las espumas resistentes al alcohol (tipo ATC) es preferible. Se pueden utilizar las espumas de usos generales sintéticas (incluyendo AFFF) o espumas proteicas comunes, pero serán mucho menos eficaces.

Procedimientos de lucha contra incendios: Mantener a las personas alejadas. Circunscribir el fuego e impedir el acceso innecesario. Utilizar agua pulverizada/atomizada para enfriar los recipientes expuestos al fuego y la zona afectada por el incendio, hasta que el fuego esté apagado y el peligro de re-ignición haya desaparecido. Combata el fuego desde un lugar protegido o desde una distancia segura. Considere el uso de mangueras o monitores con control remoto. Evacuar inmediatamente del área a todo el personal si suena la válvula del dispositivo de seguridad o si nota un cambio de color en el contenedor. No usar un chorro de agua. El fuego puede extenderse. Mueva el contenedor del área de incendio si esta maniobra no comporta peligro alguno. Los líquidos ardiendo se pueden retirar barriéndolos con agua para proteger a las personas y minimizar el daño a la propiedad.

Equipo de Protección Especial para Bomberos: Utilice un equipo de respiración autónomo de presión positiva y ropa protectora contra incendios (incluye un casco contra incendios, chaquetón, pantalones, botas y guantes). Si el equipo protector de incendios no está disponible o no se utiliza, apague el incendio desde un sitio protegido o a una distancia de seguridad.



YUKOL 5613 Polyol

For Flexible Slabstock Foam

Introduction

YUKOL5613 polyol is a medium molecular weight polyoxypropylene/polyoxyethylene polyether triol.

Typical Properties

Average Molecular Weight	3000
Viscosity at 25 °C (cps)	450
Density, g/cc, 25 °C	1.015

Sales Specifications

Hydroxyl number (mgKOH/g)	54 ~ 58
Water (%)	0.08 max
Unsaturation (meq/g)	0.05 max
Acid number (mgKOH/g)	0.03 max
Color (APHA)	50 max
PH (10/6 : IPA/Water)	5.5 ~ 7.5

Applications

YUKOL5613 polyol is used extensively in the production of conventional flexible polyurethane slabstock foams. The full range of flexible foams from extra soft to the extra firm of varying densities can be made with this polyol.

Storage

YUKOL5613 polyol is hygroscopic and absorption of moisture would affect polyol reactivity and physical properties of the resulting polymer. The material should be stored in sealed containers and in dry conditions, away from direct sources of heat. The recommended storage temperature is between 20 ~ 35 °C.

Handling Precautions

YUKOL5613 polyol has a very low odor of acute toxicity and does not present a significant health hazard to users. Normal standards of industrial hygiene should however be observed when handling this chemical. Suitable protective clothing and eye protection must be worn to avoid unnecessary contacts and accidental ingestion. In case of skin or eye contact, wash promptly with copious amounts of clean water. In case of eye contact, seek medical attention.

Fire & Explosion Hazards

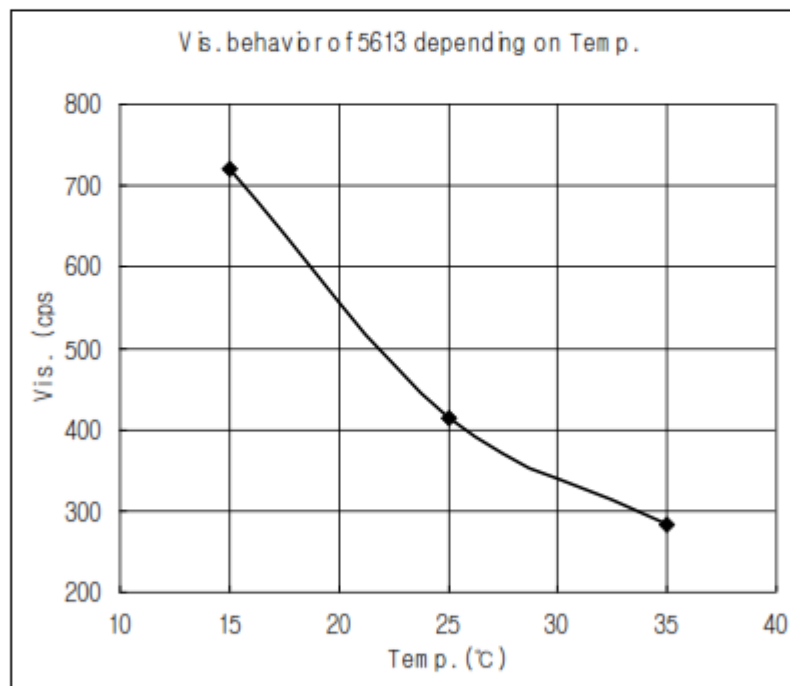
YUKOL5613 polyol is not readily ignited, but like most organic materials, it will burn when involved in a fire.



YUKOL 5613 Polyol

For Flexible Slabstock Foam

Viscosity vs. Temperature



ANEXO N° 12

**DISEÑO Y COSNTRUCCIÓN DE UN REACTOR Y MOLDE NIVEL
LABORATORIO**



ANEXO N° 13

PRODUCCIÓN DE BLOQUES NIVEL LABORATORIO.



ANEXO N° 14

FORMULACIÓN DE BLOQUE DENSIDAD 20 kg/m³ NIVEL LABORATORIO.

Componentes	Cantidad Kg	Partes por peso pphp
Poliol (Arcol F-3040)	1.613	100
Agente químico de expansión (Agua)	0.073	4.50
Agente físico de expansión (Cloruro de metileno)	–	–
Surfactante de silicona	0.030	1.88
Catalizador aminico (33-LV)	0.009	0.55
Catalizador organo-metalico (T-29) o(T-9)	0.005	0.33
Isocianato (TDI 80/20)	0.968	60.01
Índice de TDI	1.150	

Medida de cajón: 0.6 m x 0.6 m x 0.35

Resultados de las pruebas.



ANEXO N° 15

DEFICIENCIAS EN EL PROCESAMIENTO DE LA ESPUMA



Exceso de catalizador de amina.



Exceso de catalizador de amina.

ANEXO N° 16

DEFICIENCIAS EN EL PROCESAMIENTO DE LA ESPUMA



Falta de catalizador de estaño



Exceso de catalizador de estaño.

ANEXO N° 17

DEFICIENCIAS EN EL PROCESAMIENTO DE LA ESPUMA



Falta de agente surfactante (Silicona)