

# NOMEX® TIPO 411

Es el precursor sin calandrar de NOMEX® tipo 410. Se suministra en cinco espesores (de 0,13 a 0,58 mm) con un peso específico de 0,3 y unas propiedades eléctricas y mecánicas correspondientemente menores. Se utiliza en aplicaciones como el aislamiento de fases en motores y la carga de extremo de bobina en transformadores, donde el volumen y la conformabilidad son de gran importancia. NOMEX® tipo 411 también ofrece una mayor capacidad de impregnación y de saturación que lo hacen idóneo para aplicaciones de resina colada y aislante de turno y de capa.

## Propiedades eléctricas

La Tabla I muestra los valores típicos de las propiedades eléctricas de NOMEX® tipo 411. Los valores de la Resistencia Dieléctrica con Subida Rápida CA expresan los niveles de esfuerzo de tensión soportados durante períodos de 10 a 20 segundos con una frecuencia de 60 Hz. Dichos valores difieren del potencial de resistencia a largo plazo. DuPont recomienda que los esfuerzos continuos en los transformadores no excedan 1,2 Kv/mm a fin de minimizar el riesgo de descargas parciales (corona). Los valores de la Resistencia Dieléctrica con Impulso de Onda Completa fueron generados en placas planas como las de las aplicaciones de capa y barrera. La geometría del sistema incide en los valores reales de resistencia de impulso de material. Los valores de Resiliencia Eléctrica son valores típicos y no deben ser tomados como especificación de diseño. DuPont puede proporcionarle, previa demanda, valores de diseño.

Los efectos de la temperatura sobre la Constante Dieléctrica y la Resistencia Dieléctrica constan en la Figura 1 de la Hoja de Características Técnicas del papel NOMEX® tipo 410. Como NOMEX® tipo 411 es químicamente idéntico al tipo 410, sus propiedades eléctricas presentarán el mismo comportamiento ante los cambios de temperatura hasta los 220°C inclusive. La insensibilidad a la humedad de la resistencia dieléctrica queda reflejada, para el caso de NOMEX® tipo 410, en su tabla II de su Hoja de Características Técnicas y los mismos valores pueden aplicarse a NOMEX® tipo 411. Si bien los papeles de NOMEX® tipo 411 absorben hasta un 16% de agua tras una exposición de 6 días a una humedad del 96%, retienen como mínimo el 85% de su resistencia dieléctrica en estado completamente seco. Esta característica hace que NOMEX® tipo 411 destaque claramente frente a la mayoría de los aislantes porosos.

## Propiedades mecánicas

La Tabla II muestra los valores típicos de las propiedades mecánicas de NOMEX® tipo 411. Los efectos de la temperatura sobre la Resistencia a la Tracción y el

# CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Alargamiento del papel NOMEX® tipo 411 son muy similares a los correspondientes al tipo 410 y mostrados en la Figura 5 de su Hoja de Características Técnicas. Las exposiciones breves a temperaturas de hasta 220°C inclusive tendrán efectos muy similares sobre los papeles de NOMEX® tipo 411. Por otra parte, se puede mejorar considerablemente la resistencia a la tracción de NOMEX® tipo 411 mediante tratamientos en caliente y en condiciones específicas.

## Propiedades Térmicas

El papel NOMEX® tipo 411 presenta el mismo comportamiento de envejecimiento que el tipo 410, que queda recogido en las gráficas de Arrhenius de las Figuras 7, 8 y 9 de la Hoja de Características Técnicas de NOMEX® tipo 410. Un envejecimiento similar de NOMEX® tipo 411 a altas temperaturas ha resultado en su homologación como material de aislamiento a 220°C.

### Importante:

Las propiedades que constan en esta hoja de características técnicas son valores típicos y promedios y no deben ser tomados como límites de especificación. Excepto cuando estipulado, todas las propiedades fueron medidas en condiciones "normales" (en equilibrio a 23°C y 50% de humedad relativa). Obsérvese que como otros productos de las técnicas papeleras, los papeles NOMEX® presentan propiedades distintas en el sentido de la máquina (MD) y en sentido transversal (XD). En algunas aplicaciones, las ranuras de motores, por ejemplo, es necesario orientar el papel en la dirección óptima a fin de obtener todo el potencial de rendimiento del papel utilizado.

Tabla I – PROPIEDADES ELÉCTRICAS TÍPICAS

Espesor nominal (mil) (mm)	5 0,13	7 0,18	10 0,25	15 0,38	23 0,58
Resistencia Dieléctrica - Subida Rápida CA <sup>1)</sup>					
(V/mil)	220	240	240	240	230
(kV/mm)	9	9	9	9	9
- Impulso de Onda <sup>2)</sup>					
(V/mil)	450	450	450	400	400
(kV/mm)	18	18	18	16	16
Constante Dieléctrica <sup>3)</sup>					
a 60 Hz	1,2	1,2	1,2	1,3	1,3
a 1 kHz	1,3	1,3	1,3	1,4	1,4
Factor de Disipación <sup>3)</sup>					
a 60 Hz (x10 <sup>-3</sup> )	3	3	3	3	3
a 1 kHz (x10 <sup>-3</sup> )	5	5	5	5	5

<sup>1)</sup> ASTM D-149, electrodos de 50 mm, subida rápida; corresponde a IEC 243-1, subapartado 9.1 salvo por los electrodos de 50 mm.

<sup>2)</sup> ASTM D-3426

<sup>3)</sup> ASTM D-150

## Estabilidad química

La compatibilidad de los papeles y cartones prensados NOMEX® con prácticamente todos los barnices y adhesivos eléctricos (poliimidas, siliconas, apasionados, poliésteres, acrílicos, fenólicos, cauchos sintéticos, etc.) y con los demás componentes de equipos eléctricos queda demostrada por los numerosos sistemas de aislamiento incorporando NOMEX® reconocidos por UL y por una larga experiencia comercial. Los papeles NOMEX® son así mismo plenamente compatibles (y utilizados comercialmente) con los fluidos de transformadores (aceites mineral y de silicona) y con lubricantes y refrigerantes utilizados en los dispositivos herméticos. Los disolventes industriales corrientes (alcoholes, cetonas, acetona, tolueno, xileno) causan un leve ablandamiento e hinchamiento del papel NOMEX® tipo 411 similar al producido por el agua. Son efectos reversibles que desaparecen al eliminarse el disolvente. El Índice de Oxígeno Crítico (IOC) del papel NOMEX® tipo 411 - 0,13 mm. a temperatura ambiente es de 28,5% y de 21,8% a 220°C. Los materiales con un IOC superior a 20,8 (en atmósfera ambiente) no sostienen la combustión. El papel NOMEX® tipo 411 debe ser expuesto a temperaturas de 240°C para que su IOC descienda por debajo del umbral de inflamabilidad, como puede verse en la Figura 1.

El papel NOMEX® tipo 411 ofrece una mayor saturabilidad a los barnices y resinas que NOMEX® tipo 410 debido a su estructura más abierta. La cantidad exacta de la mejora depende del barniz, del método de aplicación y del grosor del producto. En una prueba, con barniz aplicado a mano, la mejora de la saturabilidad de NOMEX® tipo 411 fue del 40% en comparación con NOMEX® tipo 410, mientras que con aplicación al vacío, la mejora alcanzó los 200%.

Tabla II – PROPIEDADES MECÁNICAS TÍPICAS

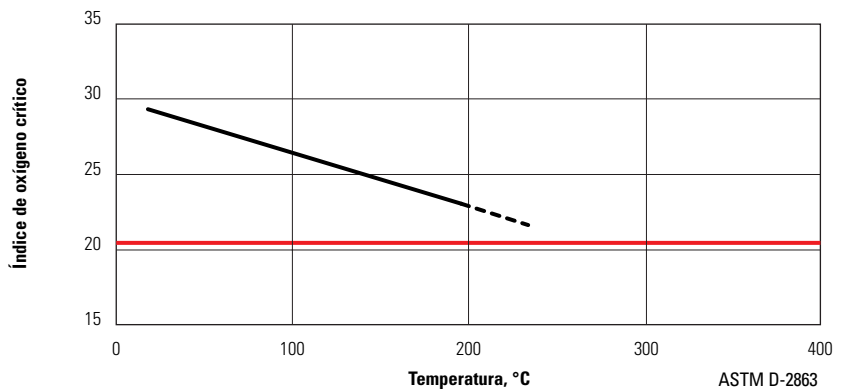
Esesor nominal	(mil) (mm)		5 0,13	7 0,18	10 0,25	15 0,38	23 0,58	Método prueba
Esesor <sup>1)</sup> Típico	(mil) (mm)		5,5 0,14	8,1 0,20	10,2 0,26	16,8 0,43	26,0 0,66	TAPPI-411
Peso Base	(g/m <sup>2</sup> )		42	64	82	134	205	ASTM D-646
Densidad	(g/cm <sup>3</sup> )		0,30	0,31	0,31	0,31	0,31	
Resistencia a la tracción	MD		18	27	35	55	71	ASTM D-828
	XD		9	14	20	33	47	
Alargamiento	MD		3,6	3,8	3,4	3,7	3,2	ASTM D-828
	XD		4,8	5,6	5,2	5,3	3,9	
Desgarro Elmendorf	MD		1,1	1,6	1,9	4,1	7,4	TAPPI-414
	XD		1,5	2,5	2,5	5,8	9,4	
Resistencia al desgarro inicial <sup>2)</sup>	MD		7	10	13	21	30	ASTM D -1004
	XD		4	5	8	14	21	
Retracción a 240°C (%)	MD		0,6	0,6	0,6	0,6	0,5	
	XD		0,7	0,7	0,9	0,3	0,2	

<sup>1)</sup> Método D, con 5 N/cm<sup>2</sup>

<sup>2)</sup> Los valores se indican en el sentido de la muestra para ASTM D-1004. El desgarro está a 90° del sentido de la muestra, por tanto, los papeles con una elevada resistencia al desgarro inicial serán más resistentes en el sentido transversal.

MD = Sentido de la máquina  
XD = Sentido transversal

Figura 1 – ÍNDICE DE OXÍGENO CRÍTICO (IOC) NOMEX® TIPO 411 - 0,13 MM



DuPont NOMEX®  
P.O. Box 50  
CH-1218 le Grand Saconnex  
Ginebra, Suiza  
Tel: ++41 22 717 5111  
Fax: ++41 22 717 6218  
e-mail:  
info.nomex@che.dupont.com

DuPont NOMEX®  
ARCO Tower  
8-1, Shimomeguro I-chome  
Meguro-ku, Tokyo 153  
Japón  
Tel: ++81 3 5434 6609  
Fax: ++81 3 5434 6605

DuPont NOMEX®  
1122 New World Office Building  
East Wing  
24 Salisbury Road  
Tsimshatsui  
Kowloon  
Hong Kong  
Tel: ++852 2734 5363  
Fax: ++852 2734 5486  
e-mail:  
SullaS.F.Wang@HKG.dupont.com

DuPont NOMEX®  
Customer Inquiry Center  
5401 Jefferson Davis Highway  
Richmond, VA 23234  
EE UU  
Tel: ++1 800 453 8527  
++1 804 383 4400  
++1 804 787 7086  
++1 804 383 3963  
e-mail:  
afscdt@usa.dupont.com

DuPont NOMEX®  
P.O. Box 2200  
Streetsville Postal Station  
7070 Mississauga Road  
Mississauga, Ontario, L5M 2H3  
Canadá  
Tel: ++1 905 821 5193  
Fax: ++1 905 821 5177

DuPont do Brasil SA  
Departamento AFS/NOMEX® Paper  
Al. Itapecuru, 506  
Alphaville  
Barueri, SP  
CEP 06454-080  
Brasil  
Tel: ++55 11 4166 8295  
Fax: ++55 11 4166 8904  
e-mail:  
Fabio-Almeida.Oliveira@bra.dupont.com

[www.dupont.com/nomex](http://www.dupont.com/nomex)

**Información sobre la seguridad de los productos a solicitud.**  
La información aquí reseñada corresponde a los datos más exactos de que actualmente disponemos. Esta información se ofrece a título indicativo y exclusivamente para proporcionar sugerencias para su propia experimentación. No se pretende sustituir las pruebas que Udes. deban efectuar para determinar la elección de nuestros productos para sus necesidades particulares. Estos valores son susceptibles de modificación a medida que se obtengan datos y experiencia nueva. Ya que no es posible realizar un control sobre las condiciones particulares de utilización de nuestros productos, DuPont no asume ninguna obligación sobre resultados ni responsabilidad alguna referente a la utilización de esta información. Por otro lado y en ningún caso, la presente publicación debe interpretarse como una licencia de uso ni como medio para violar los derechos de patentes existentes.

L-12286-6 02/01

**NOMEX®**  
DU PONT