

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ

FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA



PONTIFICIA
**UNIVERSIDAD
CATÓLICA**
DEL PERÚ

**DISEÑO DE UN GASIFICADOR DOWNDRAFT INVERTIDO DE
2600 kcal/h QUE EMPLEA CASCARILLA DE ARROZ COMO
COMBUSTIBLE**

ANEXOS

Tesis para optar por el título de **Ingeniero Mecánico**, que presenta el bachiller:

Diego Alonso Huaripoma Vega

Asesor: Mg. Estela Assureira Espinoza

Lima, junio de 2015

ANEXOS

Anexo 1. Ensayos de la cascarilla de arroz realizados por el Grupo Carbón Biomasa PUCP	1
Anexo 2. Análisis de cenizas de la cascarilla de arroz realizado por el Grupo Carbón Biomasa PUCP	1
Anexo 3. Catálogo del ventilador	2
Anexo 4. Catálogo de manta de fibra cerámica	3
Anexo 5. Catálogo de planchas de acero inoxidable AISI 304L	5
Anexo 6. Catálogo de planchas de acero galvanizado ASTM A653	6
Anexo 7. Catálogo de planchas estructurales ASTM A1011	7
Anexo 8. Catálogo de Tubos ASTM A53	8
Anexo 9. Catálogo de barras redondas lisas ASTM A36	9
Anexo 10. Catálogo de barras redondas de acero inoxidable AISI 304L	10

Anexo 1. Ensayos de la cascarilla de arroz realizados por el Grupo Carbón Biomasa PUCP.

ENSAYOS	Biomasa: Cáscara de arroz			MÉTODO	
	BASE DE ANÁLISIS	BASE SECA	BASE RECIBIDA		
Secado del aire	%		3,34	ASTM D 2013	
Análisis inmediato:					
Humedad	%	7,35	-	10,44	ASTM D 3173
Materia Volátil	%	59,77	64,51	57,77	ASTM D 3175
Cenizas	%	18,12	19,56	17,51	ASTM D 3174
Carbono Fijo	%	14,76	15,93	14,27	ASTM D 3172
TOTAL	%	100	100	100	
Poder Calorífico Bruto	Cal/g	3496	3773	3379	ASTM D 5865
Poder Calorífico Neto	Cal/g	-	-	3089	"
Análisis último:					
Carbono	%	36,78	39,70	35,55	ASTM D 3178
Hidrógeno	%	5,44	4,98	5,63	"
Azufre	%	0,06	0,06	0,06	ASTM D 3177
Nitrógeno	%	0,41	0,44	0,40	ASTM D 3179
Cloruro	%	0,03	0,03	0,03	ASTM D 2361
Cenizas	%	18,12	19,56	17,51	ASTM D 3174
Oxígeno	%	39,16	35,22	40,82	ASTM D 3176
TOTAL	%	100,00	100,00	100,00	

Anexo 2. Análisis de cenizas de la cascarilla de arroz realizado por el Grupo Carbón Biomasa PUCP.

ENSAYO	Biomasa: cáscara de arroz	MÉTODO	
Análisis de cenizas			
SiO ₂ (dióxido de silicio)	%	89,94	ASTM D 4326-97
Al ₂ O ₃ (óxido de aluminio)	%	0,00	"
Fe ₂ O ₃ (óxido férrico)	%	0,29	"
CaO (óxido de calcio)	%	0,90	"
MgO (óxido de magnesio)	%	0,46	"
SO ₃ (trióxido de azufre)	%	4,02	"
Na ₂ O (óxido de sodio)	%	0,04	"
K ₂ O (óxido de potasio)	%	2,90	"
TiO ₂ (dióxido de titanio)	%	0,01	"
P ₂ O ₅ (pentóxido de fósforo)	%	0,56	"
Mn ₂ O ₃ (óxido de manganeso)	%	0,09	"
SrO (óxido de estroncio)	%	0,01	"
Cr ₂ O ₃ (óxido de cromo)	%	0,02	"
Perdida al fuego	%	1,28	ASTM G25-99
TOTAL	%	100,52	

Anexo 3. Catálogo del ventilador.

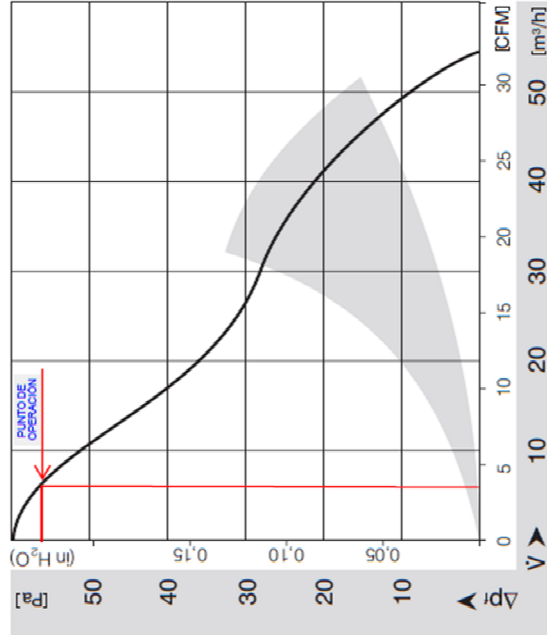


ebmpapst St. Georgen GmbH & Co. KG
Hermann-Papst-Str. 1
D-78112 St. Georgen
Phone +49 (0) 7724 81-0
Fax +49 (0) 7724 81-1309
info2@de.ebmpapst.com
www.ebmpapst.com

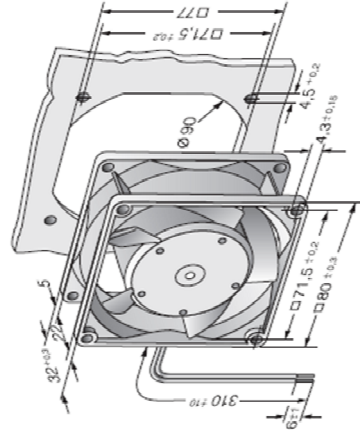
Nominal data

Type	8312	
Nominal voltage	VDC	12
Nominal voltage range	VDC	6 .. 15
Speed	min ⁻¹	3300
Power input	W	2.6
Min. ambient temperature	°C	-20
Max. ambient temperature	°C	75
Air flow	m ³ /h	54
Sound power level	B	5.2
Sound pressure level	dB(A)	36

Charts: Air flow



Product drawing

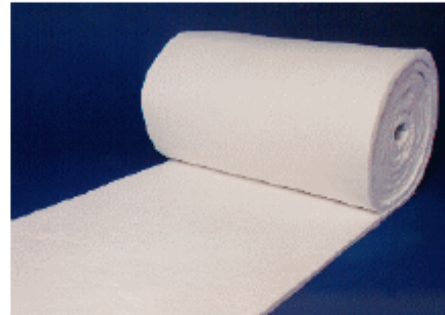


Anexo 4. Catálogo de manta de fibra cerámica.

Producto : MANTA CERAMICA **INFORMACION TECNICA**

DESCRIPCION

- Disponibles para entrega inmediata con diversas combinaciones de dimensiones y densidades.
 - Baja conductividad térmica y energía térmica almacenada.
 - Elevada resistencia a los choques térmicos y ataques químicos.
 - Buenas características acústicas y de protección contra-fuego.
 - Alta flexibilidad, facilitando cortes e instalación.
- La manta es producida a partir de sílice y alúmina de alto grado de pureza. Resultando fibras refractarias totalmente inorgánicas, densificadas y entrelazadas para garantizar buena resistencia mecánica al manipuleo durante la instalación.



PROPIEDADES FISICAS

Color	Blanco
Densidad(kg/m ³).....	64-192
Espesor	3-51
Temperatura Máxima de Uso (°C).....	1100
Uso Límite	1260
Punto de Fusión (°C)	1760
Diámetro de las Fibras (μ,medio)	2,8
Largo de Fibras (cm,medio).....	10-25

COMPOSICION QUIMICA TIPICA

(% peso, después de quemado)

Alúmina (Al ₂ O ₃)	47
Sílice (SiO ₂)	53
Otros	trazos

PROPIEDADES QUIMICAS

Los productos de fibra cerámica poseen excelente resistencia a los ataques químicos,exceptuando los ácidos fluorhídrico y fosfórico y los álcalis fuertes (ej. Na₂O,K₂O). La manta no es afectada por el aceite o el agua. Sus propiedades térmicas y físicas son restauradas al secarse.

RESISTIVIDAD TERMICA (R)

El valor de la resistividad térmica de la fibra cerámica es definido como la inversa de la conductividad térmica multiplicada por el espesor (mm). El valor de R a 21°C según la norma ASTM C518-76 para 25mm y 96kg/m³ es 0,163/mm.

(CONDUCTIVIDAD TÉRMICA (Btu.in/ft².h.°F)
X TEMPERATURA MÉDIA(°F)) ASTM C 201

Temperatura media, 8 pcf	BTU.in/ft ² .h.°F	W/mK	Temperatura media, 4 pcf	BTU.in/ft ² .h.°F	W/mK
500°F (260°C)	0.44	0.06	500°F (260°C)	0.54	0.08
1000°F (538°C)	0.87	0.12	1000°F (538°C)	1.29	0.19
1500°F (816°C)	1.45	0.21	1500°F (816°C)	2.30	0.33
1800°F (982°C)	1.83	0.26	1800°F (982°C)	2.96	0.43
2000°F (1093°C)	2.09	0.30	2000°F (1093°C)	--	--
Temperatura media, 6 pcf					
500°F (260°C)	0.47	0.07			
1000°F (538°C)	1.01	0.15			
1500°F (816°C)	1.73	0.25			
1800°F (982°C)	2.19	0.32			
2000°F (1093°C)	--	--			

APLICACIONES TÍPICAS

- Revestimientos de hornos
- Intercambiadores de calor
- Turbinas a gas
- Estufas y hornos de laboratorio
- Craqueadores catalíticos
- Reparación de hornos
- Sellado y revestimientos de puertas de hornos
- Filtros para altas temperaturas
- Sellado de hornos de recocido de bobinas
- Sellado de tapa de horno pozo y calentadores
- Tratamientos Térmicos

DIMENSIONES PATRONES

La manta cerámica es fabricada en los siguientes espesores y dimensiones:
 Rollo patrón.....7620 x 610mm
 Espesores.....6, 13, 25, 38 y 51 mm
 Densidades (kg/m³)....64, 96, 128, 160 y 192
 Observaciones: Existen otras combinaciones de densidades y espesores. Consulte por otras opciones



Anexo 5. Catálogo de planchas de acero inoxidable AISI 304L.



PLANCHAS Y BOBINAS DE ACERO INOXIDABLE AISI 304 - 316

Descripción: Productos planos que se obtienen por laminación de planchones de aceros aleados al Cromo, Níquel con buena resistencia a la corrosión por agua, ácidos y soluciones alcalinas.
Los Aceros Inoxidables se clasifican bajo la Norma AISI que considera la composición química.

Usos: Los aceros inoxidables de mayor uso son los Austeníticos

AISI	APLICACIONES
304	Tubos - Caldería - Menaje - Industria Alimentaria - Nuclear
316	Industria Textil - Alimentaria Química y Petroquímica

PROPIEDADES MECANICAS

NORMA TECNICA	F	R	A	NORMA EQUIVALENTE	
	Kg/mm ²	Kg/mm ²	%		
ASTM A-240	AISI 304	21	52	40	JIS 4304(LAC) / JIS 4305 (LAF)
	AISI 304L	17	49	40	
	AISI 316	21	52	40	
	AISI 316L	17	49	40	

COMPOSICION QUIMICA PROMEDIO (%)

AISI	C	Mn	Si	P	S	Cr	Ni	Mo
304	0.08	2.00	1.00	0.045	0.03	18.0 / 20.0	8.0 / 10.5	—
304L	0.03	2.00	1.00	0.045	0.03	18.0 / 20.0	8.0 / 12.0	—
316	0.08	2.00	1.00	0.045	0.03	16.0 / 18.0	10.0 / 14.0	2.0 / 3.0
316L	0.03	2.00	1.00	0.045	0.03	16.0 / 18.0	10.0 / 14.0	2.0 / 3.0

ACABADO SUPERFICIAL

ACABADO	DESCRIPCION
Nº 1	Laminado en caliente, recocido y decapado
2D	Laminado en frío, recocido y decapado (Acabado mate)
2B	Laminado en frío, recocido, decapado, un ligero Pase de Laminación o Skin Pass (Acabado brillante)
BA	Laminado en frío, recocido en atmósfera controlada (Acabado espejo)

DIMENSIONES STANDARD, TOLERANCIAS Y PESOS

Planchas laminadas en frío				
SISTEMA METRICO (mms)	TOLERANCIA ESPESOR +/- en mms	ACABADO SUPERFICIAL	PESO ESTIMADO Kg / pl.	SISTEMA INGLES Espesor Equiv.(pulg)
0.4 x 1220 x 2440	0.04	2B	9.43	1/64"
0.5 x 1220 x 2440	0.04	2B	11.78	1/54"
0.6 x 1220 x 2440	0.04	2B	14.14	1/40"
0.8 x 1220 x 2440	0.05	2B	18.85	1/32"
0.9 x 1220 x 2440	0.05	2B	21.21	1/27"
1.2 x 1220 x 2440	0.08	2B	28.28	1/20"
1.5 x 1220 x 2440	0.08	2B	35.35	1/16"
2.0 x 1220 x 2440	0.08	2B	47.13	5/64"
2.5 x 1220 x 2440	0.13	2B	58.91	3/32"
3.0 x 1220 x 2440	0.13	2B	70.70	1/8"

Anexo 6. Catálogo de planchas de acero galvanizado ASTM A653.



PLANCHAS Y BOBINAS ZINCADAS LISAS (Galvanizadas)

Descripción: Bobina Laminada en Frío o Caliente, recubierta con una capa de Zinc en ambas caras, mediante un Proceso de Inmersión en Caliente. La capa de Zinc proporciona protección contra la corrosión ambiental.

Usos: Silos, ductos de aire acondicionado, perfiles plegados, techos, equipos avícolas tales como comederos, bebederos de aves y hojalatería en general.

PROPIEDADES MECANICAS

NORMA TECNICA	F	R	A	NORMA EQUIVALENTE
	Kg/mm ²	Kg/mm ²	%	
ASTM A-653 CS Tipo B	28* min	30 min	JIS G-3302 - SGCC - SGHC

Generalmente con recubrimiento G60 (180 gr/m²). También G-40 (120 gr/m²) y G-90 (270 gr/m²)

*Referencial

DIMENSIONES STANDARD Y PESOS

SISTEMA METRICO (mms)	TOLERANCIA ESPESOR +/- en mms	PESO TEORICO kg/pl	SISTEMA INGLES Espesor Equiv.(pulg)
0.25 x 920 x 1830	0.06	3.60	1/100"
0.30 x 920 x 1830	0.06	4.27	1/84"
0.40 x 920 x 1830	0.08	5.59	1/64"
0.45 x 920 x 1830	0.10	6.25	0.018"
0.45 x 1200 x 2400	0.10	10.69	0.018"
0.50 x 920 x 1830	0.10	6.91	1/54"
0.50 x 1200 x 2400	0.10	11.82	1/54"
0.55 x 1200 x 2400	0.10	12.95	0.022"
0.60 x 1200 x 2400	0.10	14.08	1/40"
0.75 x 1200 x 2400	0.10	17.47	0.030"
0.80 x 1200 x 2400	0.10	18.60	1/32"
0.85 x 1200 x 2400	0.10	19.47	0.034"
0.90 x 1200 x 2400	0.10	20.86	1/27"
1.00 x 1200 x 2400	0.10	23.12	1/24"
1.15 x 1200 x 2400	0.13	26.52	0.045"
1.20 x 1200 x 2400	0.13	27.65	1/20"
1.45 x 1200 x 2400	0.13	33.30	0.057"
1.50 x 1200 x 2400	0.13	34.43	1/16"
2.00 x 1200 x 2400	0.15	45.73	5/64"
2.50 x 1200 x 2400	0.20	57.04	3/32"
2.70 x 1200 x 2400	0.23	61.56	0.106"
3.00 x 1200 x 2400	0.23	68.34	1/8"

Anexo 7. Catálogo de planchas estructurales ASTM A1011.

PLANCHAS DELGADAS LAC



DENOMINACIÓN:

PDLAC A1011 TB, PDLAC A36

DESCRIPCIÓN Y USO:

Planchas de acero laminadas en caliente con bordes de laminación, de espesores menores que 4.75 mm, destinadas para la construcción de silos, embarcaciones pesqueras, vagones, estructuras y usos en general.

NORMAS TÉCNICAS:

DESIGNACIÓN	NORMAS TÉCNICAS
Comercial	ASTM A1011 Tipo B
Estructural	ASTM A36

DIMENSIONES NOMINALES:

CALIDAD COMERCIAL PDLAC 1011 TB (mm)	CALIDAD ESTRUCTURAL PDLAC A36 (mm)
1.8 x 1,200 x 2,400	3.0 x 1,500 x 6,000
1.9 x 1,200 x 2,400	4.5 x 1,200 x 2,400
2.0 x 1,200 x 2,400	4.5 x 1,500 x 6,000
2.2 x 1,100 x 2,400	
2.2 x 1,200 x 2,400	
2.3 x 1,200 x 2,400	
2.4 x 1,200 x 2,400	
2.5 x 1,200 x 2,400	
2.8 x 1,200 x 2,400	
2.9 x 1,200 x 2,400	
3.0 x 1,200 x 2,400	
4.0 x 1,200 x 2,400	
4.4 x 1,200 x 2,400	

ANÁLISIS QUÍMICO DE COLADA (%)

CALIDAD ASTM	%C	%Mn MÁX.	%P MÁX.	%S MÁX.	%SI MÁX.
A1011	0.02 – 0.15	0.60	0.030	0.035	—
A36	0.25 máx	0.8 – 1.20 (e > 3/4")	0.040	0.050	0.40

PROPIEDADES MECÁNICAS:

CALIDAD	NORMA ASTM	LÍMITE DE FLUENCIA (kg/cm ²)	RESISTENCIA A LA TRACCIÓN (kg/cm ²)	ALARGAMIENTO (%) en 50 mm	DOBLADO
Comercial	A1011 TB	2,110 – 3,510 (*)	—	25.0% mín (*)	a 180° (sobre sí mismo)
Estructural	A36	2,550	4,080 – 5,610	20.0% mín.	a 180° (opcional) Diámetro Pin = 3e Sentido Laminación

(*) Referencial

TOLERANCIAS DIMENSIONALES: Según JIS G3193.

ESPESOR NOMINAL e (mm)	TOLERANCIAS (mm)						
	Camber	Aplanado	Ancho		Longitud	Espesor	
			≤1200	1500		Ancho 1200	Ancho 1500
1.8 - 1.9	10 mm/m máx	18 máx				± 0.19	± 0.23
2.0 - 2.4		18 máx	+30	+35	+25	± 0.20	± 0.25
2.5 - 3.0		18 máx	-0	-0	-0	± 0.22	± 0.29
4.0 - 4.75		14 máx				± 0.45	± 0.55

Anexo 8. Catálogo de Tubos ASTM A53.



TUBOS DE ACERO SIN COSTURA ASTM A-53 GRADO B / ASTM A-106 / API 5L

Descripción: Producto que se obtiene por Laminación en Caliente de un Tocho de Acero Estructural.

Usos:

ASTM A-53 Tubos para conducción de fluidos y gases en la minería, petroquímica, pesca y servicios en general.

ASTM A-106 Tubos para servicio a altas temperaturas.

API 5L Tubos para la industria petrolera.

PROPIEDADES MECANICAS

NORMA TECNICA	F	R	A	NORMA EQUIVALENTE
	Kg/mm ²	Kg/mm ²	%	
ASTM A-53 GR-A	21 min	34 min	23 min	JIS G-3454
ASTM A-53 GR-B	25 min	42 min	18 min	JIS G-3454
ASTM A-106 GR-B	25 min	42 min	18 min	JIS G-3456
API 5L B	25 min	42 min	19 min	JIS G-3454

DIMENSIONES Y PESO UNITARIO *

DIAMETRO NOMINAL	DIAMETRO EXTERIOR		SCHEDULE	ESPESOR DE PARED	PESO NOMINAL	PRESION DE PRUEBA	
	pulg.	m.m.				n°	m.m.
3/8	0,675	17,1	40	2,31	0,84	700	49,2
			80	3,20	1,10	850	60,0
1/2	0,840	21,3	40	2,77	1,27	700	49,2
			80	3,73	1,62	850	60,0
3/4	1,050	26,7	40	2,87	1,69	700	49,2
			80	3,91	2,20	850	60,0
1	1,315	33,4	40	3,38	2,50	700	49,2
			80	4,55	3,24	850	60,0
1 1/4	1,660	42,2	40	3,56	3,39	1300	91,0
			80	4,85	4,47	1900	133,0
1 1/2	1,900	48,3	40	3,68	4,05	1300	91,0
			80	5,08	5,41	1900	133,0
			160	7,14	7,25	2050	140,0
2	2,375	60,3	40	3,91	5,44	2500	175,0
			80	5,54	7,48	2500	175,0
			160	8,74	11,11	2500	175,0
2 1/2	2,875	73,0	40	5,16	8,63	2500	175,0
			80	7,01	11,41	2500	175,0
3	3,500	88,9	40	5,49	11,29	2500	175,0
			80	7,62	15,27	2500	175,0
			160	11,13	21,35	2500	175,0

Anexo 9. Catálogo de barras redondas lisas ASTM A36.



BARRAS REDONDAS LISAS

Descripción: Producto de sección transversal circular, que se obtiene por Laminación de palanquillas de Acero, previamente calentadas hasta una temperatura del orden de los 1250°C. Se suministran en 3 calidades de acero: Estructural, SAE 1022 y SAE 1045.

Usos: Las barras de calidad Estructural se utilizan en puertas, ventanas, rejas, cercos, etc. y en general en estructuras metálicas.

La calidad SAE 1045 se utiliza en pernos y tuercas por recalado en caliente o mecanizado. ejes, pines, pasadores, etc. Puede ser sometido a temple y revenido.

PROPIEDADES MECANICAS

NORMA TECNICA*	F	R	A	NORMA EQUIVALENTE
	Kg/mm ²	Kg/mm ²	%	
ASTM A-36	25.3 min	41 min	20 min	JIS G-3101 SS400
SAE 1020*	25 min	43 min	18 min	DIN 17200 CK 20
SAE 1045*	40 min	67 min	12 min	DIN 17200 CK 45

* Propiedades mecánicas típicas

COMPOSICION QUIMICA PROMEDIO (%)

CALIDAD	C	Mn	P max	S max
ASTM A-36 (1)	0.26 max	0.6/0.9 (2)	0.04	0.05
SAE 1020	0.18/0.23	0.30/0.60	0.04	0.05
SAE 1045	0.43/0.50	0.6/0.9	0.04	0.05

(1) Si = 0,4% max

(2) Para diámetro mayores de 3/4"

DIMENSIONES STANDARD Y PESOS

SISTEMA INGLES (pulgadas)	PESO ESTIMADO	
	Kg/m	Kg / 6m
3/8	0.56	3.36
1/2	0.99	5.94
5/8	1.55	9.30
3/4	2.24	13.44
7/8	3.05	18.30
1	3.98	23.88
1 1/8	5.03	30.18
1 1/4	6.22	37.32
1 3/8	7.52	45.12
1 1/2	8.95	53.70
1 3/4	12.18	73.08
2	15.91	95.46
2 1/4	20.14	120.84
2 1/2	24.86	149.16
3	35.77	214.62
3 1/2	48.68	292.08
4	63.59	381.54
4 1/2	80.48	482.88
5	99.35	596.10
6	143.07	858.42

Anexo 10. Catálogo de barras redondas de acero inoxidable AISI 304L.

CARACTERÍSTICAS DEL PRODUCTO

Tipo de Producto	Norma ASTM	Tipo de Fabricación	Grado	DIAMETRO (Pulgadas)																			
				>1/8" (3.18mm)	5/32" (3.97mm)	3/16" (4.76mm)	1/4" (6.35mm)	5/16" (7.94mm)	3/8" (9.53mm)	7/16" (11.11mm)	1/2" (12.7mm)	9/16" (14.29mm)	5/8" (15.88mm)	3/4" (19.05mm)	7/8" (22.22mm)	1" (25.4mm)							
Barras Redondas	A-276	Estrido al Frío y Pulido, Descortezado y Pulido	201	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*			
			304/304L	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*		
			316/316L	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
			310S	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
Barras Redondas	A-276	Descortezado y Pulido	Grado	1 1/8" (28.58mm)	1 1/4" (31.75mm)	1 3/8" (34.93mm)	1 1/2" (38.1mm)	1 3/4" (44.45mm)	2" (50.8mm)	2 1/4" (57.15mm)	2 1/2" (63.5mm)	2 3/4" (69.85mm)	3" (76.2mm)	3 1/2" (88.9mm)	3 3/4" (95.25mm)	4" (101.6mm)							
			304	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
			304/304L	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
			316/316L	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
310S	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*		
Barras Redondas	A-276	Torneado o Forjado	Grado	4 1/4" (107.95mm)	4 1/2" (114.3mm)	4 3/4" (120.65mm)	5" (127mm)	5 1/4" (133.35mm)	6" (152.4mm)	>6 1/2" (165.1mm)	8" (203.2mm)	10" (254mm)	12" (304.8mm)										
			304/304L	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
			316/316L	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
				*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*