

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**



**CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA**

**TRABAJO ESTRUCTURADO DE MANERA  
INDEPENDIENTE**

**Previo a la obtención del Título de:**

**INGENIERO MECÁNICO**

**TEMA:**

---

**“ESTUDIO DE CONSERVACIÓN DE ELECTRODOS  
REVESTIDOS PARA CUMPLIR NORMAS AWS EN  
LOS PROCESOS DE SOLDADURA EN LA EMPRESA  
CARROCERÍAS IMCE”**

---

**Autor: Jaime Enrique Rosero Jiménez**

**TUTOR: Ing. Mauricio Carrillo**

**AMBATO – ECUADOR**

**2012**

## **CERTIFICACIÓN**

En mi calidad de Tutor del trabajo de investigación sobre el tema: “Estudio de conservación de electrodos revestidos para cumplir normas AWS en los procesos de soldadura en la empresa Carrocerías IMCE”, elaborado por el Señor Jaime Enrique Rosero Jiménez, egresado de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, certifico:

- Que la presente tesis es original de su autor.
- Ha sido revisada en cada uno de sus capítulos.
- Está concluida y puede continuar con el trámite correspondiente.

Ambato, junio de 2012

**EL TUTOR**

.....  
Ing. Mauricio Carrillo

## AUTORÍA DEL TRABAJO DE GRADO

*Yo, Jaime Enrique Rosero Jiménez, egresado de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato, declaro que los criterios emitidos en la investigación denominada **“ESTUDIO DE CONSERVACIÓN DE ELECTRODOS REVESTIDOS PARA CUMPLIR NORMAS AWS EN LOS PROCESOS DE SOLDADURA EN LA EMPRESA CARROCERÍAS IMCE”**, así como también las ideas, contenidos, análisis, conclusiones, propuesta y demás opiniones incluidas en la misma, son auténticas y de exclusiva responsabilidad de mi persona como autor del presente proyecto de grado.*

*Ambato, Junio del 2012*

EL AUTOR

.....  
Egdo. Enrique Rosero Jiménez

C.I. 180403008-6

## DEDICATORIA

*A Dios por ser mi guía, por dotarme de entendimiento y sabiduría para discernir entre lo bueno y lo malo en esta vida.*

*A mis padres, Fabiola y Jaime guías fundamentales que me alentaron completamente en el transcurso de mis estudios inculcándome mantener la perseverancia y humildad en la ejecución de mis metas y objetivos.*

*A mis hermanas que han sido mis amigas y mejores confidentes*

*A mis profesores y amigos de quienes recibí con gratificación sus conocimientos y anécdotas.*

## **AGRADECIMIENTO**

*Agradezco primeramente al Creador por darme salud y vida, adicionalmente expreso mis más sinceros agradecimientos a la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, a sus autoridades y personal administrativo, a mis profesores y de manera muy especial al Ingeniero Mauricio Carrillo, quien con gran paciencia me brindó su ayuda y apoyo constante para el desarrollo constante y culminación del presente trabajo.*

*Agradezco también a la alta Gerencia de la Empresa Carrocerías IMCE, en especial a la Señora Rocío Jara de Cepeda, quien me acogió en su empresa para desarrollar el presente trabajo de investigación.*

*El Autor*

*Enrique Rosero Jiménez*

## ÍNDICE GENERAL

## ÍNDICE GENERAL

### A. PÁGINAS PRELIMINARES

CÓD.	DESCRIPCIÓN	PÁG.
	<b>A. PÁGINAS PRELIMINARES</b>	
	<i>Página de portada</i>	I
	<i>Página de aprobación por el tutor</i>	II
	<i>Página de autoría de la tesis</i>	III
	<i>Página de dedicatoria</i>	IV
	<i>Página de agradecimiento</i>	V
	<i>Índice general de contenidos</i>	VI
	<i>Índice de tablas</i>	XII
	<i>Índices de figuras y gráficos</i>	XX
	<i>Simbología</i>	XXVII
	<i>Resumen ejecutivo</i>	XXX

### B. CONTENIDO DEL INFORME

#### CAPÍTULO I

#### EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1	Tema de investigación	1
1.2	Planteamiento del problema	1
1.2.1	Contextualización	1
1.2.2	Análisis Crítico	2

1.2.3	Prognosis	3
1.2.4	Formulación del problema	4
1.2.5	Interrogantes (subproblemas)	4
1.2.6	Delimitación del problema	4
1.3	Justificación	5
1.4	Objetivos	6
1.4.1	Objetivo General	6
1.4.2	Objetivos Específicos	6

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

2.1	Antecedentes Investigativos	7
2.2	Fundamentación Filosófica	7
2.3	Fundamentación Teórica	8
2.3.1	Procesos de soldadura	8
2.3.1.1	Soldadura por arco eléctrico con electrodo manual revestido (SMAW)	8
2.3.2	Electrodo revestido	9
2.3.3	Funciones del revestimiento	10
2.3.3.1	Función eléctrica del revestimiento	10
2.3.3.2	Función física de la escoria	10
2.3.3.3	Función metalúrgica del revestimiento	11
2.3.4	Partes del electrodo revestido	11
2.3.5	Tipos de electrodos según su revestimiento	12
2.3.5.1	Electrodos celulósicos	12
2.3.5.2	Electrodos de rutilo	13
2.3.5.3	Electrodos básicos o de bajo hidrógeno	13
2.3.6	Especificación de los electrodos para acero al carbono	14
2.3.7	Defectos de soldadura	16

2.3.7.1	Porosidad	16
2.3.7.2	Inclusiones	17
2.3.7.3	Falta de fusión	18
2.3.7.4	Falta de penetración	19
2.3.7.5	Mordeduras de borde	19
2.3.7.6	Falta de relleno	20
2.3.7.7	Fisuras o grietas	20
2.3.8	La metalografía	23
2.3.8.1	Procedimiento de ensayo metalográfico	24
2.3.9	Aspectos del almacenamiento de electrodos revestidos	27
2.3.10	Tipos de Hornos	29
2.3.10.1	Horno de cubilote	29
2.3.10.2	Hornos de reverbero	30
2.3.10.3	Hornos Rotativos	30
2.3.10.4	Hornos de crisoles	30
2.3.10.5	Hornos Eléctricos	31
2.3.11	Hornos y Estufas de Conservación de Electroodos	34
2.3.12	Partes eléctricas y electrónicas que componen un equipo térmico	35
2.4	Fundamentación Legal	51
2.5	Categorías Fundamentales	53
2.6	Hipótesis	54
2.7	Señalamiento de variables	54
2.7.1	Variable independiente	54
2.7.2	Variable dependiente	54

### **CAPÍTULO III**

#### **METODOLOGÍA**

3.1	Enfoque Investigativo	55
-----	-----------------------	----



3.2	Modalidad Básica de la investigación	55
3.3	Nivel o tipo de Investigación	56
3.3.1	Descriptivo	56
3.3.2	Explicativo	56
3.3.3	Asociación de variables	56
3.4	Población y muestra	57
3.5	Operacionalización de variables	58
3.5.1	Variable independiente	58
3.5.2	Variable dependiente	59
3.6	Plan de Recolección de información	60
3.6.1	Técnicas e instrumentos	60
3.7	Procesamiento de la información	61

## **CAPÍTULO IV**

### **ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS**

4.1	Análisis de los resultados	62
4.1.1	Metodología de Ensayos	62
4.1.2	Ensayos de determinación de niveles de humedad	63
4.1.2.1	Determinación de humedad caso extremo recuperación del revestimiento	64
4.1.2.2	Determinación de humedad por reacondicionamiento del revestimiento luego de someter al electrodo a la intemperie durante un intervalo de tiempo	122
4.1.2.3	Determinación de nivel de humedad mediante ensayo de mantenimiento	179
4.1.3	Ensayo de determinación de rendimiento del electrodo	197
4.1.4	Ensayo Metalográfico de las muestras soldadas	201
4.2	Interpretación de los datos	202
4.3	Verificación de la hipótesis	204

## **CAPÍTULO V**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

5.1	Conclusiones	224
5.2	Recomendaciones	228

## **CAPÍTULO VI**

### **PROPUESTA**

6.1	Datos Informativos	230
6.2	Antecedentes de la propuesta	231
6.3	Justificación	231
6.4	Objetivos	232
6.4.1	Objetivo General	232
6.4.2	Objetivos Específicos	232
6.5	Análisis de factibilidad	233
6.5.1	Análisis Técnico	233
6.5.2	Análisis de Costos	233
6.6	Fundamentación	235
6.6.1	Análisis de transferencia de calor	236
6.6.1.1	Cálculo de coeficientes de convección	238
6.6.1.2	Cálculo del calor requerido para calentar la carga	246
6.6.1.3	Cálculo de pérdidas de transferencia de calor a través de paredes	251
6.6.1.4	Rendimiento del Horno	255
6.6.1.5	Potencia del Horno	255
6.6.2	Análisis de la Estructura	256
6.6.3	Selección de Materiales	261
6.6.4	Selección del Sistema de control	262
6.6.5	Funcionamiento del Circuito	266

6.6.6	Implementar las placas electrónicas y conocer el funcionamiento básico	267
6.6.7	Funcionamiento de la interfaz	269
6.7	Metodología	273
6.7.1	Diagrama empleado en la construcción y operación del Horno tipo mufla para conservar electrodos revestidos	273
6.8	Administración	282
6.8.1	Planeación	282
6.8.2	Organización	283
6.8.3	Dirección	283
6.8.4	Control	283
6.9	Previsión de la evaluación	283
6.9.1	Mejoras para la propuesta	283
6.9.1.1	Guía de funcionamiento	284
6.9.1.2	Guía de mantenimiento	285
6.9.1.3	Guía de seguridad	286

### **C. MATERIALES DE REFERENCIA**

1.	Bibliografía	288
2.	Anexos	293

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>CÓD.</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>PÁG.</b>
Tabla 2.1	Clasificación de los Electroodos	14
Tabla 2.2	Interpretación del último dígito en la clasificación de electrodos AWS	15
Tabla 2.3	Sistema AWS de clasificación de los electrodos revestidos	15
Tabla 2.4	Principales defectos de soldadura	21
Tabla 2.5	Almacenamiento de Electroodos Revestidos	29
Tabla 2.6	Características principales de las aleaciones de base Ni-Cr	47
Tabla 2.7	Propiedades de las aleaciones de base Fe-Cr-Al	48
Tabla 3.1	Técnicas e Instrumentos	61
Tabla 4.1	Toma de datos E7018 humedecidos	65
Tabla 4.2	Recolección de pesos de electrodos secados a Temperatura de 50° C	68
Tabla 4.3	Tabulación de Humedad Frente a tiempo E7018 a Temperatura de 50 °C	70
Tabla 4.4	Recolección de pesos de electrodos secados a Temperatura de 100° C	71
Tabla 4.5	Tabulación de Humedad Frente a tiempo E7018 Temperatura de 100 °C	73
Tabla 4.6	Recolección de pesos de electrodos a Temperatura de 200 °C	74
Tabla 4.7	Tabulación de Humedad Frente a tiempo E7018 Temperatura de 200 °C	76
Tabla 4.8	Recolección de pesos de electrodos a Temperatura de 300 °C	77

Tabla 4.9	Tabulación de Humedad Frente a tiempo E7018 Temperatura de 300 °C	79
Tabla 4.10	Recolección de pesos de electrodos a Temperatura de 350 °C	80
Tabla 4.11	Tabulación de Humedad Frente a tiempo E7018 Temperatura de 350 °C	82
Tabla 4.12	Toma de datos E6013 Humedecido	84
Tabla 4.13	Recolección de pesos de electrodos a Temperatura de 30 °C	87
Tabla 4.14	Tabulación de Humedad Frente a tiempo E6013 Temperatura de 30 °C	89
Tabla 4.15	Recolección de pesos de electrodos a Temperatura de 45 °C	90
Tabla 4.16	Tabulación de Humedad Frente a tiempo E6013 a Temperatura de 45 °C	92
Tabla 4.17	Recolección de pesos de electrodos a Temperatura de 60 °C	93
Tabla 4.18	Tabulación de Humedad Frente a tiempo E6013 Temperatura de 60 °C	95
Tabla 4.19	Recolección de pesos de electrodos a Temperatura de 100 °C	96
Tabla 4.20	Tabulación de Humedad Frente a tiempo E6013 Temperatura de 100 °C	98
Tabla 4.21	Recolección de pesos de electrodos a Temperatura de 150 °C	99
Tabla 4.22	Tabulación de Humedad Frente a tiempo E6013 Temperatura de 150 °C	101
Tabla 4.23	Toma de datos E6011 Humedecido	104
Tabla 4.24	Recolección de pesos de electrodos Temperatura de 30 °C	106

Tabla 4.25	Tabulación de Humedad Frente a tiempo E6011 Temperatura de 30 °C	107
Tabla 4.26	Recolección de pesos de electrodos Temperatura de 40 °C	109
Tabla 4.27	Tabulación de Humedad Frente a tiempo E6011 Temperatura de 40 °C	111
Tabla 4.28	Recolección de pesos de electrodos Temperatura de 60 °C	112
Tabla 4.29	Tabulación de Humedad Frente a tiempo E6011 Temperatura de 60 °C	114
Tabla 4.30	Recolección de pesos de electrodos a Temperatura de 80 °C	115
Tabla 4.31	Tabulación de Humedad Frente a tiempo E6011 Temperatura de 80 °C	117
Tabla 4.32	Recolección de pesos de electrodos Temperatura de 100 °C	119
Tabla 4.33	Tabulación de Humedad Frente a tiempo E6011 Temperatura de 100 °C	120
Tabla 4.34	Pesaje E7018 dejados a la intemperie durante un periodo de 2 semanas	122
Tabla 4.35	Recolección de pesos de E7018 Temperatura de 50 °C	125
Tabla 4.36	Tabulación de Humedad Frente a tiempo E7018 Temperatura de 50 °C	127
Tabla 4.37	Recolección de pesos de E7018 Temperatura de 100 °C	128
Tabla 4.38	Tabulación de Humedad Frente a tiempo E7018 Temperatura de 100 °C	130
Tabla 4.39	Recolección de pesos de E7018 Temperatura de 200 °C	132
Tabla 4.40	Tabulación de Humedad Frente a tiempo E7018 Temperatura de 200 °C	133
Tabla 4.41	Recolección de pesos de E7018 Temperatura de 300 °C	134

Tabla 4.42	Tabulación de Humedad Frente a tiempo E7018 Temperatura de 300 °C	136
Tabla 4.43	Recolección de pesos de E7018 Temperatura de 350 °C	137
Tabla 4.44	Tabulación de Humedad Frente a tiempo E7018 Temperatura de 350 °C	139
Tabla 4.45	Pesaje E6013 dejados a la intemperie durante un periodo de 2 semanas	141
Tabla 4.46	Recolección de pesos de E6013 Temperatura de 30 °C	144
Tabla 4.47	Tabulación de Humedad Frente a tiempo E6013 Temperatura de 30 °C	146
Tabla 4.48	Recolección de pesos de E6013 Temperatura de 45 °C	147
Tabla 4.49	Tabulación de Humedad Frente a tiempo E6013 Temperatura de 45 °C	149
Tabla 4.50	Recolección de pesos de E6013 Temperatura de 60 °C	150
Tabla 4.51	Tabulación de Humedad Frente a tiempo E6013 Temperatura de 60 °C	152
Tabla 4.52	Recolección de pesos de E6013 Temperatura de 100 °C	153
Tabla 4.53	Tabulación de Humedad Frente a tiempo E6013 Temperatura de 100 °C	155
Tabla 4.54	Recolección de pesos de E6013 Temperatura de 150 °C	156
Tabla 4.55	Tabulación de Humedad Frente a tiempo E6013 Temperatura de 150 °C	158
Tabla 4.56	Electrodos 6011 dejados a la intemperie durante 15 días	160
Tabla 4.57	Recolección de pesos de E6011 Temperatura de 30 °C	163
Tabla 4.58	Tabulación de Humedad Frente a tiempo E6011 Temperatura de 30 °C	165
Tabla 4.59	Recolección de pesos de E6011 Temperatura de 40 °C	166
Tabla 4.60	Tabulación de Humedad Frente a tiempo E6011	

	Temperatura de 40 °C	168
Tabla 4.61	Recolección de pesos de E6011 Temperatura de 60 °C	169
Tabla 4.62	Tabulación de Humedad Frente a tiempo E6011 Temperatura de 60 °C	171
Tabla 4.63	Recolección de pesos de E6011 Temperatura de 80 °C	172
Tabla 4.64	Tabulación de Humedad Frente a tiempo E6011 Temperatura de 80 °C	174
Tabla 4.65	Recolección de pesos de E6011 Temperatura de 100 °C	175
Tabla 4.66	Tabulación de Humedad Frente a tiempo E6011 Temperatura de 100 °C	177
Tabla 4.67	Recolección de pesos ensayo de mantenimiento de E7018 Temperatura de 50 °C	180
Tabla 4.68	Tabulación de Humedad Frente a tiempo E7018 Temperatura de 50 °C	181
Tabla 4.69	Recolección de pesos ensayo de mantenimiento de E7018 Temperatura de 70 °C	182
Tabla 4.70	Tabulación de Humedad Frente a tiempo E7018 Temperatura de 70 °C	183
Tabla 4.71	Recolección de pesos ensayo de mantenimiento de E7018 Temperatura de 90 °C	184
Tabla 4.72	Tabulación de Humedad Frente a tiempo E7018 Temperatura de 90 °C	185
Tabla 4.73	Recolección de pesos ensayo de mantenimiento de E7018 Temperatura de 120 °C	186
Tabla 4.74	Tabulación de Humedad Frente a tiempo E7018 Temperatura de 120 °C	187
Tabla 4.75	Recolección de pesos ensayo de mantenimiento de E7018 Temperatura de 160 °C	188
Tabla 4.76	Tabulación de Humedad Frente a tiempo E7018 Temperatura de 160 °C	189



Tabla 4.77	Recolección de pesos ensayo de mantenimiento de E6013 Temperatura de 30 °C	192
Tabla 4.78	Tabulación de Humedad Frente a tiempo E6013 Temperatura de 30 °C	193
Tabla 4.79	Recolección de pesos ensayo de mantenimiento de E6013 Temperatura de 40 °C	194
Tabla 4.80	Tabulación de Humedad Frente a tiempo E6013 Temperatura de 40 °C	195
Tabla 4.81	Ensayos Rendimiento Electrodo Revestidos	198
Tabla 4.82	Condiciones de junta soldada con E7018 dejado a la intemperie	202
Tabla 4.83	Ensayo metalográfico de corte longitudinal junta soldada E7018 dejado a la intemperie 6 horas	203
Tabla 4.84	Ensayo metalográfico de corte transversal junta soldada E7018 dejado a la intemperie 6 horas	204
Tabla 4.85	Condiciones de junta soldada con E7018 secado en el horno a 160 °C durante 1 hora	205
Tabla 4.86	Ensayo metalográfico de corte longitudinal junta soldada E7018 secado en el horno a 160 °C durante 1 hora	206
Tabla 4.87	Ensayo metalográfico de corte transversal junta soldada E7018 secado en el horno a 160 °C durante 1 hora	207
Tabla 4.88	Condiciones de junta soldada con E6013 dejado a la intemperie por dos semanas	208
Tabla 4.89	Ensayo metalográfico de corte longitudinal junta soldada E6013 dejado a la intemperie por dos semanas	209
Tabla 4.90	Ensayo metalográfico de corte transversal junta soldada E6013 dejado a la intemperie por dos semanas	210
Tabla 4.91	Condiciones de junta soldada con E6013 secado en el horno a 150 °C durante 1 hora	211

Tabla 4.92	Ensayo metalográfico de corte longitudinal junta soldada E6013 secado en el horno a 150 °C durante 1 hora	212
Tabla 4.93	Ensayo metalográfico de corte transversal junta soldada E6013 secado en el horno a 150 °C durante 1 hora	213
Tabla 4.94	Condiciones de junta soldada con E6011 dejado a la intemperie por dos semanas	214
Tabla 4.95	Ensayo metalográfico de corte longitudinal junta soldada E6011 dejado a la intemperie por dos semanas	215
Tabla 4.96	Ensayo metalográfico de corte transversal junta soldada E6011 dejado a la intemperie por dos semanas	216
Tabla 4.97	Condiciones de junta soldada con E6011 secado en el horno a 100 °C durante 1 hora	217
Tabla 4.98	Ensayo metalográfico de corte longitudinal junta soldada E6011 secado en el horno a 100 °C durante 1 hora	218
Tabla 4.99	Ensayo metalográfico de corte transversal junta soldada E6011 secado en el horno a 100 °C durante 1 hora	219
Tabla 4.100	Radio promedio de porosidades halladas en muestras metalográficas en electrodos dejados a la intemperie	222
Tabla 4.101	Radio promedio de porosidades halladas en muestras metalográficas en electrodos secados	222
Tabla 6.1	Materiales para Estructura	233
Tabla 6.2	Materiales Eléctricos y Electrónicos	234
Tabla 6.3	Costo del sistema térmico	235
Tabla 6.4	Factores de seguridad y circunstancias en las cuales se usan	260
Tabla 6.5	Materiales para cámara de calentamiento	274
Tabla 6.6	Materiales para cámara de calentamiento plancha superior	276

Tabla 6.7	Materiales para las bandejas	277
Tabla 6.8	Materiales para la puerta	279

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>CÓD.</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>PÁG.</b>
Figura 2.1	Esquema representativo de los componentes básicos de la soldadura SMAW	9
Figura 2.2	Partes electrodo revestido	12
Figura 2.3	Porosidad en juntas soldadas	17
Figura 2.4	Inclusiones en juntas soldadas	18
Figura 2.5	Falta de Fusión en juntas soldadas	18
Figura 2.6	Falta de penetración en juntas soldadas	19
Figura 2.7	Mordedura en juntas soldadas	20
Figura 2.8	Presentación de grietas en juntas soldadas	20
Figura 2.9	Estufas portátiles para secado de electrodos	34
Figura 2.10	Horno estacionario para secado de electrodos	35
Figura 2.11	Control Lazo Abierto	36
Figura 2.12	Control Lazo Cerrado	37
Figura 2.13	Control On/Off	38
Figura 2.14	Respuesta en el tiempo al actuar un Control PID	38
Figura 2.15	Clasificación de los PIC's	42
Figura 2.16	Configuración de PIC Gama baja	43
Figura 2.17	Configuración de PIC Gama Media	44
Figura 2.18	Controlador de temperatura	45
Figura 2.19	Elemento de calentamiento	46
Figura 2.20	Aislamiento térmico	49
Figura 2.21	Termocupla	50
Figura 2.22	Contactador	51
Figura 4.1	Pesaje en gramos de E7018 humedecido	65
Figura 4.2	Pesaje de 29 electrodos 7018 humedecidos	67
Figura 4.3	Pesaje en gramos de E6013 humedecido	85
Figura 4.4	Pesaje de 33 electrodos 6013 humedecidos	86
Figura 4.5	Pesaje en gramos de E6011 humedecido	103
Figura 4.6	Pesaje de 38 electrodos 6011 humedecidos	103

Figura 4.7	Pesaje en gramos de E7018 dejado a la intemperie	123
Figura 4.8	Pesaje de 29 Electrodo 7018 dejados a la intemperie	123
Figura 4.9	Pesaje en gramos de E6013 dejados a la intemperie	143
Figura 4.10	Pesaje de 33 Electrodo 6013 dejados a la intemperie	144
Figura 4.11	Pesaje en gramos de E6011 dejado a la intemperie	162
Figura 4.12	Pesaje de 38 Electrodo 6011 dejados a la intemperie	162
Figura 4.13	Peso de varilla E7018	197
Figura 4.14	Peso de platinas a ser soldadas con E7018 previamente dejado a la intemperie por dos semanas	198
Figura 4.15	Peso de platinas soldadas con E7018 previamente dejado a la intemperie por dos semanas	199
Figura 4.16	Peso de Platinas a ser soldadas con E7018 sacados directamente de la funda	199
Figura 4.17	Peso de Platinas soldadas con E7018 sacados directamente de la funda	200
Figura 4.18	Peso de platinas a ser soldadas con electrodo 7018 mantenidos en horno	200
Figura 4.19	Peso de platinas soldadas con electrodo 7018 mantenidos en horno	201
Figura 6.1	Diagrama de paredes	237
Figura 6.2	Dimensiones de la cámara de secado	237
Figura 6.3	Dimensiones del piso	241
Figura 6.4	Circuito de Resistencias Térmicas para evaluar la Temperatura Superficial	245
Figura 6.5	Vista frontal Cámara de calentamiento	251
Figura 6.6	Vista Lateral Cámara de Calentamiento	252
Figura 6.7	Circuito térmico equivalente para una pared compuesta en serie	253
Figura 6.8	Viga a diseñar	256
Figura 6.9	Fuerzas que actúan sobre la viga	257
Figura 6.10	Diagrama de fuerzas cortantes	258

Figura 6.11	Diagrama de momento flector	259
Figura 6.12	Sección transversal del perfil	259
Figura 6.13	Sistema de control utilizado en el equipo	263
Figura 6.14	Esquema PIC16F877	264
Figura 6.15	Diseño del circuito impreso de la interfaz	268
Figura 6.16	Esquema del circuito	269
Figura 6.17	Esquema de circuito de control	272
Figura 6.18	Estructura frontal de la cámara de calentamiento	274
Figura 6.19	Estructura superior de la cámara de calentamiento	275
Figura 6.20	Estructura de la cámara de calentamiento	276
Figura 6.21	Estructura de la carcasa lateral	277
Figura 6.22	Estructura de la carcasa posterior	277
Figura 6.23	Soporte interno de bandeja	278
Figura 6.24	Soporte lateral de bandeja	278
Figura 6.25	Estructura posterior de la bandeja	278
Figura 6.26	Estructura de la bandeja	279
Figura 6.27	Estructura de la puerta	280
Figura 6.28	Estructura lateral de la puerta	280
Figura 6.29	Estructura frontal de la puerta	281
Figura 6.30	Forrado de la puerta	281
Figura 6.31	Estructura del horno	282
Figura 6.32	Señales de advertencia colocadas en el equipo	286

## ÍNDICE GRÁFICOS

<b>CÓD.</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>PÁG.</b>
Gráfico 4.1	Tendencia tiempo vs humedad E7018 Temperatura de 50° C	70
Gráfico 4.2	Tendencia tiempo vs humedad E7018 Temperatura de 100 °C	73
Gráfico 4.3	Tendencia tiempo vs humedad E7018 Temperatura de 200° C	76
Gráfico 4.4	Tendencia tiempo vs humedad E7018 Temperatura de 300 °C	79
Gráfico 4.5	Tendencia tiempo vs humedad E7018 Temperatura de 350 °C	82
Gráfico 4.6	Tendencia tiempo vs humedad E7018	83
Gráfico 4.7	Tendencia tiempo vs humedad E6013 Temperatura de 30 °C	89
Gráfico 4.8	Tendencia tiempo vs humedad E6013 Temperatura de 45 °C	92
Gráfico 4.9	Tendencia tiempo vs humedad E6013 Temperatura de 60 °C	95
Gráfico 4.10	Tendencia tiempo vs humedad E6013 Temperatura de 100 °C	98
Gráfico 4.11	Tendencia tiempo vs humedad E6013 Temperatura de 150 °C	101
Gráfico 4.12	Tendencia tiempo vs humedad E6013	102
Gráfico 4.13	Tendencia tiempo vs humedad E6011 Temperatura de 30 °C	108
Gráfico 4.14	Tendencia tiempo vs humedad E6011 Temperatura de	111

	40 °C	
Gráfico 4.15	Tendencia tiempo vs humedad E6011 Temperatura de 60 °C	114
Gráfico 4.16	Tendencia tiempo vs humedad E6011 Temperatura de 80 °C	117
Gráfico 4.17	Tendencia tiempo vs humedad E6011 Temperatura de 100 °C	120
Gráfico 4.18	Tendencia tiempo vs humedad electrodo AGA 6011	121
Gráfico 4.19	Tendencia tiempo vs humedad E7018 Temperatura de 50 °C	127
Gráfico 4.20	Tendencia tiempo vs humedad E7018 Temperatura de 100 °C	130
Gráfico 4.21	Tendencia tiempo vs humedad E7018 Temperatura de 200 °C	133
Gráfico 4.22	Tendencia tiempo vs humedad E7018 Temperatura de 300 °C	136
Gráfico 4.23	Tendencia tiempo vs humedad E7018 Temperatura de 350 °C	139
Gráfico 4.24	Tendencia tiempo vs humedad Electrodo AGA 7018	140
Gráfico 4.25	Tendencia tiempo vs humedad E6013 Temperatura de 30 °C	146
Gráfico 4.26	Tendencia tiempo vs humedad E6013 Temperatura de 45 °C	149
Gráfico 4.27	Tendencia tiempo vs humedad E6013 Temperatura de 60 °C	152



Gráfico 4.28	Tendencia tiempo vs humedad E6013 Temperatura de 100 °C	155
Gráfico 4.29	Tendencia tiempo vs humedad E6013 Temperatura de 150 °C	158
Gráfico 4.30	Tendencia tiempo vs humedad Electrodo AGA 6013	159
Gráfico 4.31	Tendencia tiempo vs humedad Electrodo AGA 6011 Temperatura de 30 °C	165
Gráfico 4.32	Tendencia tiempo vs humedad Electrodo AGA 6011 Temperatura de 40 °C	168
Gráfico 4.33	Tendencia tiempo vs humedad Electrodo AGA 6011 Temperatura de 60 °C	171
Gráfico 4.34	Tendencia tiempo vs humedad Electrodo AGA 6011 Temperatura de 80 °C	174
Gráfico 4.35	Tendencia tiempo vs humedad Electrodo AGA 6011 Temperatura de 100 °C	177
Gráfico 4.36	Tendencia tiempo vs humedad Electrodo AGA 6011	178
Gráfico 4.37	Tendencia tiempo vs humedad Electrodo AGA 7018 Temperatura de 50 °C	181
Gráfico 4.38	Tendencia tiempo vs humedad Electrodo AGA 7018 Temperatura de 70 °C	183
Gráfico 4.39	Tendencia tiempo vs humedad Electrodo AGA 7018 Temperatura de 90 °C	185
Gráfico 4.40	Tendencia tiempo vs humedad Electrodo AGA 7018 Temperatura de 120 °C	187
Gráfico 4.41	Tendencia tiempo vs humedad Electrodo AGA 7018	

	Temperatura de 160 °C	189
Gráfico 4.42	Tendencia tiempo vs humedad Electrodo AGA 7018 ensayo mantenimiento	190
Gráfico 4.43	Tendencia tiempo vs humedad Electrodo AGA 6013 Temperatura de 30 °C	193
Gráfico 4.44	Tendencia tiempo vs humedad Electrodo AGA 6013 Temperatura de 40 °C	195
Gráfico 4.45	Tendencia tiempo vs humedad Electrodo AGA 6013 ensayo mantenimiento	196

## GLOSARIO

SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
$A_s$	Área transversal; [m <sup>2</sup> ]
$A$	Peso del electrodo húmedo; [gr.]
$A_0$	Área inicial de la cámara; [m <sup>2</sup> ]
$A_1$	Área considerando espesor del aluminio; [m <sup>2</sup> ]
$A_2$	Área considerando espesor de la manta cerámica; [m <sup>2</sup> ]
$A_3$	Área considerando el espesor del acero galvanizado; [m <sup>2</sup> ]
$a$	Ancho de la cámara; [m]
$\alpha$	Difusividad térmica; [m <sup>2</sup> /s]
$c$	Profundidad de la cámara; [m]
$b$	Cantidad de barras en la estructura ficticia (no se cuenta las barras en voladizo o las curvas./ Alto de la cámara; [m]
$b_0$	Número de ligaduras de enlace con la bancada (cimentación) = número de componentes de reacción.
$B$	Peso del electrodo seco ; [gr.]
$\beta$	Coefficiente de expansión térmica volumétrica; [°K <sup>-1</sup> ]
$c$	Centro de gravedad; [mm]/ Columnas en la matriz.
°C	Grado centígrado.
$C_p$	Calor específico; [KJ/Kg°C ]
$C_{p\ elec}$	Calor específico del electrodo; [J/Kg°C]
$C_{p\ ba}$	Calor específico del electrodo (J/Kg°C)
$\varepsilon$	Emisividad ; [adimensional]
$E$	Condición esperada.
$\dot{E}_E$	Energía que entra; [J]
$\dot{E}_S$	Energía que sale; [J]
$gl$	Grados de libertad; [adimensional]
$Gr$	Número de Grashof; [adimensional]
$g$	Aceleración de la gravedad; [m/s <sup>2</sup> ]
%H	Porcentaje de humedad; [adimensional]

$\bar{h}$	Coeficiente de convección externo; [ $W/m^2 \text{ } ^\circ K$ ]
$h_{fg}$	Entalpía; [ $KJ/Kg$ ]
$h_r$	Coeficiente de radiación; [ $W/m \text{ } ^\circ K$ ]
$h_4$	Coeficiente de convección interno; [ $W/m^2 \text{ } ^\circ K$ ]
I	Inercia ; [ $mm^4$ ]
K	Coeficiente de conducción del aire; [ $W/m \text{ } ^\circ K$ ]
$k_A$	Coeficiente de conducción térmica del acero galvanizado; [ $W/m \text{ } ^\circ K$ ]
$k_B$	Coeficiente de conducción térmica de la manta cerámica; [ $W/m \text{ } ^\circ K$ ]
$k_c$	Coeficiente de conducción térmica del aluminio; [ $W/m \text{ } ^\circ K$ ]
L	Espesor; [ $mm$ ] / Longitud característica; [ $m$ ]
$L_A$	Espesor del acero galvanizado; [ $m$ ]
$L_B$	Espesor de la manta cerámica; [ $m$ ]
$L_c$	Espesor del aluminio; [ $m$ ]
$m_{elec}$	Masa del electrodo ; [ $Kg$ ]
$m_{ba}$	Masa de la bandeja; [ $Kg$ ]
$Nu_L$	Numero de Nusselt; [adimensional]
$\eta$	Rendimiento del equipo; [adimensional]
Pr	Número de Prandtl; [adimensional]
P	Perímetro; [ $m$ ] / Potencia del horno ; [ $KW$ ]
$\rho$	Densidad; [ $kg/m^3$ ]
$Q_{carga}$	Calor requerido para calentar la carga; [ $KJ$ ]
$Q_{elec}$	Calor que absorbe el electrodo; [ $KJ$ ]
$Q_{ba}$	Calor que absorben las bandejas; [ $KJ$ ]
$Q_{ev}$	Calor de evaporación; [ $KJ$ ]
$Q_{aire}$	Calor que se necesita para calentar el aire circundante; [ $KJ$ ]
qx	Pérdidas de calor; [ $J$ ]
$q_E$	Calor que entra; [ $J$ ]
$q_s$	Calor que sale; [ $J$ ]
$q_{sen}$	Calor sensible $KJ$

$q_{lat}$	Calor latente $KJ$
$R_{aL}$	Número de Rayleigh; [adimensional]
$R1$	Resistencia térmica entre el fluido caliente y la superficie cercana al fluido caliente; [ $^{\circ}K/W$ ]
$R2$	Resistencia térmica del aluminio; [ $^{\circ}K/W$ ]
$R3$	Resistencia térmica de la manta cerámica; [ $^{\circ}K/W$ ]
$R4$	Resistencia térmica del acero galvanizado; [ $^{\circ}K/W$ ]
$r$	Filas en la matriz.
$\chi^2$	Chi cuadrado; [adimensional]
$T_{\infty, 1}$	Temperatura del fluido caliente; [ $^{\circ}K$ ]
$T_{\infty, 4}$	Temperatura del fluido frío; [ $^{\circ}K$ ]
$T_f$	Temperatura de película; [ $^{\circ}C$ ]
$T_s$	Temperatura de la superficie; [ $^{\circ}C$ ]
$T_{\infty}$	Temperatura del ambiente; [ $^{\circ}C$ ]
$\sigma$	Constante de Stefan-Boltzmann; [ $5.67 \times 10^{-8} W/m^2 \cdot K^4$ ]
$T_{alr}$	Temperatura de alrededores o del ambiente; [ $^{\circ} K$ ]
$T_{sa}$	Temperatura entre la superficie y el ambiente; [ $^{\circ} K$ ]
$T_a$	Temperatura ambiente del fluido frío; [ $^{\circ} K$ ]
$\Delta T$	Diferencia de temperaturas; [ $^{\circ}C$ ]
$V$	Volumen; [ $m^3$ ]
$t$	Tiempo de calentamiento; [h]
$\Sigma R_t$	Sumatoria de resistencias térmicas; [ $^{\circ}K/W$ ]
$\mu$	Viscosidad dinámica; [ $m^2/s$ ]
$\nu$	Viscosidad dinámica [ $m^2/s$ ]
$\sigma$	Esfuerzo máximo ; [MPa]

## **RESUMEN EJECUTIVO**

El presente trabajo consiste en lograr un diseño y construcción de un horno para conservación de electrodos revestidos con la finalidad de eliminar el exceso de humedad retenida en los mismos luego de ser abiertos de su empaque original, que repercute en gran medida en la existencia de ciertos defectos de soldadura a nivel de las bases de las carrocerías metálicas, bases que a su vez soportan todo el peso de la carrocería.

Para el desarrollo de este tema de investigación fue necesario en un principio realizar la construcción de un equipo de secado, con las características suficientes que satisfagan las temperaturas demandadas para el secado de los electrodos revestidos; que para este caso fueron seleccionados los de tipo Celulósico, Rutílico y de Bajo Hidrógeno, este último es el más propenso a absorber mayor cantidad de humedad con solo haber sido retirado de su empaque original.

Se consideró realizar ensayos de determinación de humedad vinculando el caso más extremo para los tres tipos de revestimientos mencionados con anterioridad, así como también el caso típico relacionando un tiempo prudencial de dos semanas dejados a la intemperie los electrodos a fin de cumplir con los requerimientos de la norma con el resecado que es otro tratamiento de conservación.

Adicionalmente se vio conveniente realizar un ensayo de conservación a fin de determinar a corto plazo de exposición a la intemperie, el tiempo y la temperatura necesaria que concuerden con la norma AWS A5.1-81 y satisfagan la misma de acuerdo a los requerimientos de humedad necesarios.

Cabe recalcar que también se ha visto necesario realizar un ensayo de determinación del rendimiento del revestimiento del electrodo de bajo hidrógeno a fin de determinar el grado de eficiencia que se ha logrado tras haber sido secado.

Finalmente, se ha realizado una evaluación de los diferentes componentes que pueden mejorar el equipo de secado a fin de que funcione el mismo dentro de los requerimientos de tiempos y temperaturas de secado que determina la norma AWS A5.1-81.

# **CAPÍTULO I**

## **EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN**

### **1.1 TEMA DE INVESTIGACIÓN**

ESTUDIO DE CONSERVACIÓN DE ELECTRODOS REVESTIDOS PARA CUMPLIR NORMAS AWS EN LOS PROCESOS DE SOLDADURA EN LA EMPRESA CARROCERÍAS IMCE.

### **1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

#### **1.2.1 Contextualización**

El constante avance tecnológico a nivel mundial ha hecho posible la construcción de diferentes métodos de monitoreo, medición y hasta cierto punto el control de todo tipo de fenómenos físicos factibles de cuantificar, entre los que se pueden nombrar temperatura, vibración, flujo, humedad, presión, etc.

La industria de la soldadura ha ido evolucionando y se ha visto la necesidad de la utilización de implementos que mejoren en gran medida la aplicación del proceso, siendo uno de estos implementos de gran ayuda en la mantención de propiedades de los electrodos revestidos son los conocidos como estufas u hornos de secado de electrodos, que hoy en día son muy utilizados en las grandes industrias mineras, petroleras, navales y otras empresas metalmeccánicas que requieran realizar trabajos y proyectos en los que se brinde seguridad y confiabilidad al momento de la operación de los mismos.



Estos sistemas térmicos son usados con el fin principal de secar electrodos, y de esta manera conservar las propiedades necesarias que soportan constantes cargas estáticas, cargas variables, mejores propiedades mecánicas y características de aspecto visual al momento de tener cordones planos y de filetes de muy buen acabado.

En el Ecuador la utilización de electrodos revestidos se realiza principalmente en uno de los entes industriales más grandes que es la industria petrolera, siendo que es aquí donde se requiere en gran medida el realizar un trabajo eficiente de soldadura, considerando también que en las regiones en las que opera esta industria el clima es un factor preponderante, se tiene como ítem principal el garantizar y aprovechar en gran medida las bondades y propiedades del electrodo revestido mediante la utilización de estufas de secado de electrodos, las mismas que son de gran ayuda para los soldadores al momento de realizar su trabajo.

La provincia de Tungurahua en las últimas décadas ha ganado un gran prestigio debido al crecimiento que ha tenido la industria metalmecánica y por ende las empresas carroceras, las mismas que tienen gran demanda en la utilización de electrodos revestidos, que son de gran ayuda en la ejecución y garantía de los productos terminados, se debe manifestar que obligatoriamente se ven sometidos a una rigurosa prueba de utilización de buena materia prima a fin de cumplir con la normalización y responsabilidad que garantiza la carrocería finalizada. Por lo que con la utilización de un sistema térmico de conservación de las propiedades físicas y mecánicas de los electrodos en gran medida se estaría cumpliendo con garantizar al cliente que las juntas soldadas se encuentran en excelentes condiciones.

### **1.2.2 Análisis Crítico**

La gran desinformación sobre uso de nueva tecnología y constante renovación de equipos ha ocasionado en cierta medida que no se efectúe de manera normal el proceso de soldadura eléctrica, ya que el uso de electrodos revestidos en el

proceso de elaboración de carrocerías metálicas se lo hace sin considerar su acertada forma de manipulación y almacenamiento, parámetros que son preponderantes al momento de la ejecución de trabajos que en esta industria requieren sometimientos rigurosos de normas de calidad.

Debido a cuestiones medioambientales, el revestimiento del electrodo, absorbe humedad, variando sus propiedades y bondades; ésta humedad en gran medida queda atrapada en el interior del revestimiento formando microcristales, los mismos que se encuentran constituidos de hidrógeno y oxígeno, elementos que al momento de la ejecución de la soldadura pueden provocar fisuras internas que afecten en la poste la unión de la junta debido al constante sometimiento de cargas y esfuerzos dinámicos y estáticos, lo que puede ocasionar fatales consecuencias y por ende desprestigio para la empresa por la baja calidad de sus productos.

La poca investigación y análisis puede repercutir en gran medida a que se tenga un gran desconocimiento sobre el tema, vinculándose con el hecho de continuar con este proceso, sin considerar que el uso inconsciente y desmedido de electrodos puede ser considerado como un parámetro que puede ocasionar pérdidas para la empresa.

### **1.2.3 Prognosis**

Ante la falta de un equipo para conservación de electrodos revestidos se continuaría empleando el mismo proceso empírico de almacenamiento y manipulación de los mismos, debido a que ciertos soldadores utilizan sus electrodos revestidos con sus manos sucias, con grasa e incluso los dejan a la intemperie, razones por las cuales el revestimiento absorbe humedad, lo que repercute en gran medida en el comportamiento de los electrodos, depositando de esta manera un metal poco dúctil y propenso a sufrir fisuras bajo el cordón.

El continuar con estos procesos de una manera rudimentaria influiría de manera directa en el mal aprovechamiento del revestimiento del electrodo, que a su vez repercute en el rendimiento del mismo y a su vez se da un incremento de costos de manufactura y por ende menor ganancia para la empresa.

#### **1.2.4 Formulación del Problema**

¿El sistema aplicable mediante el estudio de las normas de secado de electrodos permitirá conservar en un rango permitido la humedad en ellos?

#### **1.2.5 Interrogantes (Subproblemas)**

- ¿Cuáles son los valores de humedad recomendada por la norma AWS, que deben coincidir con el valor que se obtiene de manera experimental?
- ¿Qué resultados microestructurales se obtienen de realizar juntas soldadas con electrodos secados?
- ¿Qué tipos de electrodos puede secar y conservar el sistema térmico?

#### **1.2.6 Delimitación del Objeto de Investigación**

##### **Objeto de estudio:**

El proyecto de investigación viene vinculado a las siguientes asignaturas:

- Transferencia de Calor.
- Soldadura.
- Ensayos no destructivos.
- Diseño de Elementos de Máquinas I.
- Máquinas Eléctricas.
- Control Industrial.
- Automatización.

## **Delimitación Espacial**

El estudio de este proyecto se lo realizará en las instalaciones y talleres de la empresa Carrocerías IMCE en el cantón Ambato y se complementará con la realización de ensayos en el Laboratorio de Materiales de Ingeniería Mecánica, de la Universidad Técnica de Ambato, Campus Huachi Chico del cantón Ambato.

El estudio Bibliográfico se realizará en la Biblioteca de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato, Campus Huachi Chico del cantón Ambato, además en la Biblioteca de la Facultad de Ingeniería Mecánica de la ESPOCH, utilizando libros y tesis afines, e Internet. Por otra parte los materiales y elementos necesarios para la construcción se adquirirán en los diferentes distribuidores de la ciudad de Ambato; y la construcción se lo realizará en las instalaciones de Carrocerías IMCE y en talleres especiales.

## **1.3 JUSTIFICACIÓN**

La presente investigación tiene como fin el determinar coincidencia entre los valores que establece la norma AWS como recomendables para realizar el proceso de soldadura con electrodos revestidos en este caso el E7018 utilizado en gran cantidad en el proceso de soldadura de las bases de soporte de la carrocería, con el fin de garantizar una buena unión y duración de las juntas soldadas.

La importancia del proyecto investigativo radica en establecer que el contenido de  $H_2O$  con el incremento de la temperatura en el equipo de secado sea inferior a 0.5%, con lo que de esta forma se está asegurando que el contenido de hidrógeno sea inferior a 10 centímetros cúbicos por cada 100 gr/metal depositado.

El presente proyecto se lo desarrolla con la finalidad de garantizar que los elementos conocidos como electrodos funcionen de una manera óptima a fin de que no se pierdan las bondades y características propias de los diferentes revestimientos el momento de realizar juntas soldadas, además de disminuir en

cierta proporción los defectos de soldadura en el área de estructura y preparación de chasis, donde se realiza el resoldeo de la carrocería con electrodo 7018.

Es aquí en estos dos subprocesos donde el proyecto cobra interés debido a que se juega con el prestigio de la empresa, ya que estos electrodos se utilizan en la soldadura de las escuadras, las mismas que es donde se asienta todo el peso de la carrocería y a su vez son las que ayudan para el ensamble que se da entre la carrocería y el chasis, considerándose de ahí que este proceso es primordial y de alta responsabilidad, ya que en estos medios de transporte viajan a diario un sinnúmero de personas, que esperan que en el bus en el que viajan les brinde la garantía necesaria para transportarse de una manera cómoda y segura por las carreteras de nuestro país.

## **1.4 OBJETIVOS**

### **1.4.1 Objetivo General**

Determinar el sistema térmico óptimo para conservar apropiadamente el revestimiento de los electrodos.

### **1.4.2 Objetivos Específicos**

- Determinar los parámetros necesarios para que los valores de humedad experimentales coincidan con los recomendados con las normas AWS.
- Determinar de manera microestructural los resultados obtenidos de las muestras soldadas con electrodos secados.
- Determinar los tipos de electrodos a someterse a este proceso de secado y conservación.

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1 ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS**

En la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, de la Universidad Técnica de Ambato, no existe ningún proyecto o investigación relacionados sobre el tema a tratarse en el presente proyecto.

Cabe mencionar que la presente investigación se desarrolla con el objeto de cumplir con la obtención de los niveles de humedad recomendados para electrodos revestidos por las normas AWS D1.1 y AWS A5.1-81, en los *Anexos 16 y 17* respectivamente.

#### **2.2 FUNDAMENTACIÓN FILOSÓFICA**

En la gran mayoría de empresas metalmeccánicas al proceso de soldadura no se le ha dado la suficiente importancia, ya que se lo ha venido dando de una manera empírica basándose solamente en los conocimientos, habilidades y destrezas de los operarios, quienes en ciertos casos utilizan electrodos revestidos sin importar que los mismos se encuentren expuestos a la intemperie o hasta incluso en medios relacionados con lubricantes.

La propuesta de este proyecto se da en base a que los electrodos revestidos se encuentren en medios y condiciones propicios que garanticen que los mismos estén aptos para utilización en el proceso de soldadura, al mencionar este parámetro fundamental también influye directamente en el hecho de mantener niveles de humedad de acuerdo a la norma AWS A5.1-81.

## **2.3 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA**

### **2.3.1 Procesos de soldadura**

Casi la totalidad de productos están formados por distintas partes o piezas que deben ser montadas unas con otras, o ensambladas de forma no permanente para permitir reparaciones o sustituciones, pero también existen partes complejas de fabricar de una sola pieza, optando por fabricar diversas piezas y unir las permanentemente para formar una sola parte.

La soldadura es un proceso para la unión de dos metales por medio de calor y/o presión y se define como la acción metalúrgica entre los átomos del metal a unir y el de aporte, cabe recalcar que de los procesos de soldadura existentes uno de los más utilizados es el proceso SMAW, con el que se utiliza una varilla conocida con el nombre de electrodo.

#### **2.3.1.1 Soldadura por arco eléctrico con electrodo manual revestido (SMAW)**

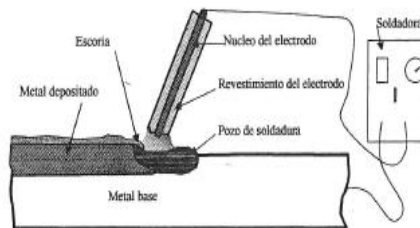
La unión entre metales en este proceso de soldadura se obtiene mediante el calentamiento producido por un arco eléctrico que es generado entre un electrodo metálico recubierto y la pieza de trabajo, con lo que la protección se obtiene por la descomposición del revestimiento.

En un principio como predecesor se utilizaron electrodos metálicos desnudos de tal manera que el calor del arco fundiera tanto el metal base como el metal del electrodo y por consiguiente obtener automáticamente el material de aportación necesario, siendo esto una solución parche puesto que el problema de aportación resulta inconveniente por la dificultad de mantener el arco y por la severa oxidación del metal fundido.

Posteriormente a los electrodos desnudos se les dotó de un revestimiento que contiene compuestos químicos que aportan al proceso de soldadura, brindándole

buena calidad y sobre todo protección al cordón al momento de realizar una junta soldada.

Existen varias características, siendo las más sobresalientes la formación de una atmósfera protectora, mejorar la estabilidad y penetración del arco, la remoción de impurezas del metal fundido, la protección del baño metálico con lo que se prevenir la oxidación, el control de la velocidad de enfriamiento del metal soldado y la adición de elementos aleantes. <sup>[1]</sup>



**Figura 2.1** Esquema representativo de los componentes básicos de la soldadura SMAW

**FUENTE:** PÁSTOR, Mario, Introducción a la metalurgia de la soldadura. Facultad de Mecánica. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

### 2.3.2 Electrodo Revestido

Un electrodo básicamente es una varilla metálica preparada para servir como polo del circuito que sirve para soldar, siendo que en su extremo se genera el arco eléctrico. En algunos casos, sirven también como material fundente.

La varilla metálica en muchos de los casos va recubierta por una combinación de materiales conocido como recubrimiento o revestimiento, el mismo que varía de un electrodo a otro y que le da ciertas propiedades que al soldador le son de gran ayuda al momento de soldar. Siendo que el revestimiento en los electrodos tiene diversas funciones, éstas pueden resumirse en las siguientes:

---

<sup>[1]</sup> PÁSTOR, Mario, Introducción a la metalurgia de la soldadura. Facultad de Mecánica. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Pág. 12.



- Función eléctrica del recubrimiento.
- Función física de la escoria.
- Función metalúrgica del recubrimiento.

### **2.3.3 Funciones del Revestimiento**

#### **2.3.3.1 Función Eléctrica del Revestimiento**

La estabilidad del arco para la soldadura depende de una amplia serie de factores como es la ionización del aire para que fluya adecuadamente la electricidad. Para lograr una buena ionización se añaden al revestimiento del electrodo productos químicos denominados sales de sodio, potasio y bario los cuales tienen una tensión de ionización baja y un poder termoiónico elevado. El recubrimiento, también en su composición productos como los silicatos, los carbonatos, los óxidos de hierro y óxidos de titanio que favorecen la función física de los electrodos, que facilitan la soldadura en las diversas posiciones de ejecución del soldeo.

#### **2.3.3.2 Función Física de la Escoria**

Una misión fundamental del revestimiento es evitar que el metal fundido entre en contacto con el oxígeno, el nitrógeno y el hidrógeno del aire, ya sea por la formación de un gas protector alrededor del camino que han de seguir las gotas del metal fundido y después, mediante la formación de una abundante escoria que flota por encima del baño de fusión.

El revestimiento debe ser versátil y permitir generalmente la soldadura en todas las posiciones. En ello interviene dos factores:

- El propio espesor del revestimiento.
- Su naturaleza, que determina la viscosidad de la escoria, que es necesaria para mantener la gota en su lugar a través de su propia tensión superficial y para proteger el baño fundido del contacto con el aire.

El revestimiento del electrodo se consume en el arco con una velocidad lineal menor que el alma metálica del mismo. Como resultado, el recubrimiento queda prolongado sobre el extremo del alma y forma un cráter que sirve para dirigir y concentrar el chorro del arco, disminuyendo sus pérdidas térmicas.

### 2.3.3.3 Función Metalúrgica del Revestimiento

El revestimiento dispone de elementos que se disuelven en el metal fundido con objeto de mejorar las características mecánicas del metal depositado, adicionalmente brinda las siguientes características:

- La escoria reduce la velocidad de enfriamiento de la soldadura por su efecto aislante.
- Reduce el número de inclusiones en la soldadura, al eliminar un gran número de impurezas.
- Produce en el baño una verdadera micrometalurgia, desoxidando, desnitrurando, desfosforando y desulfurando el metal fundido.
- Aísla el baño de elementos con los que tiene gran afinidad: oxígeno, nitrógeno, hidrógeno ya sea a través de escorias o gases protectores.
- Una de las principales funciones metalúrgicas de los recubrimientos de los electrodos es proteger el metal de la oxidación, primero aislándolo de la atmósfera oxidante que rodea al arco y después recubriéndolo con una capa de escoria mientras se enfría y solidifica.

### 2.3.4 Partes del Electrodo Revestido

- **Punta.-** Es el extremo del electrodo por donde se ceba el arco eléctrico para ejecutar la soldadura.
- **Núcleo.-** Es la varilla metálica de composición similar a la del metal base y que permite transportar la corriente y el metal fundido en forma de gotas a la unión soldada.
- **Colilla.-** Es el extremo del electrodo por donde se sujeta en el porta electrodos y se convierte en desperdicio.

- **Revestimiento.-** Es una masa constituida por diferentes sustancias tales como celulosa, silicato sódico, silicato potásico, óxido de titanio, óxido de hierro, polvo de hierro, ferroaleaciones y otros diversos ingredientes. Siendo que la dosificación de los componentes garantiza la composición química del metal depositado y sus características mecánicas: carga de rotura, límite elástico, alargamiento y resiliencia (tenacidad).



**Figura. 2.2 PARTES ELECTRODO REVESTIDO**

**Fuente:** Conarco Manual de Soldadura

### 2.3.5 Tipos de Electrodo Según su Revestimiento

Según el tipo de revestimiento a los electrodos comunes para aceros bajos al carbono son considerados los de tipo Celulósico, Rutílico y de Bajo Hidrógeno.

#### 2.3.5.1 Electrodo Celulósicos

En su composición tienen celulosa, obtenida a partir de celulosa de madera del algodón, sustancia orgánica que se descompone por el calor desarrollado en el arco, proporcionando un gas protector que aísla y protege de la oxidación al Mn y al resto de los componentes. Estos electrodos producen una escoria poco voluminosa, con lo que las reacciones de reducción se desarrollan en una atmósfera de hidrógeno que rodea el metal fundido.

Son conocidos como de penetración gracias al hidrógeno procedente de la celulosa que el calor del arco libera y de gota caliente, siendo que además se caracterizan por tener una escoria fina, formando cordones planos y con rizo irregular. Según la clasificación AWS de electrodos para aceros al carbono pertenecen a este grupo los AWS-E-6010 (Na) y AWS-E-6011 (K).

Su uso se está generalizando en oleoductos, y gasoductos en donde resulta ventajoso soldar en todas las posiciones, sin cambiar los parámetros de soldeo. También son adecuados en aplicaciones en donde se pretenda conseguir una buena penetración.

### **2.3.5.2 Electrodo de Rutilo**

Los electrodos pertenecientes a este grupo tienen en su revestimiento óxido de titanio o rutilo, que le da al electrodo características sobresalientes de suavidad, así como también proporcionan la formación de una escoria gruesa. Siendo que su penetración es media. Clasificación AWS de electrodos para aceros al carbono: AWS-E-6012 (Na) y AWS-E-6013 (K).

Resultan por su fácil manejo en cualquier clase de montaje, la escasa influencia de las condiciones ambientales y por ser adecuados para emplearse en todas las posiciones, idóneos para todo tipo de soldaduras siempre que no se requiera una elevada tenacidad. Los principales campos de aplicación son las estructuras metálicas, en construcciones de calderas y construcciones navales.

### **2.3.5.3 Electrodo Básico o de bajo Hidrógeno**

Estos electrodos forman una escoria de carácter básico que reacciona con impurezas del metal formando compuestos que son llevados a la escoria. Tienen gran velocidad de aportación y deposita un material capaz de superar los más severos controles radiográficos. Dentro de este grupo tenemos AWS-E-7018.

El campo de aplicación es muy amplio. Una de las ventajas de los electrodos básicos es que pueden eliminar el S por su reacción con el Mn, formando compuestos que pasan a la escoria, por lo que la soldadura realizada con este tipo de electrodos muestra una gran resistencia al agrietamiento en caliente.

Además el metal depositado es poco sensible a la fisuración, incluso en soldaduras sometidas a fuertes tensiones de embridamiento por condiciones de rigidez. Se utilizan ampliamente en la soldadura de estructuras metálicas, recipientes sometidos a presión, construcción naval y maquinaria.

### 2.3.6 Especificación de los Electrodo para Acero al Carbono

Hay que mencionar que la designación a los electrodos según la AWS A5.1 se considera para nomenclatura una serie de 4 o 5 dígitos a los mismos que anteceden la letra E. Con lo que se consideran los siguientes parámetros adicionales:

- Los dos o tres números siguientes indican las propiedades mecánicas del metal depositado (si se tiene cuatro o cinco dígitos respectivamente), los que multiplicados por 1000, reflejan la resistencia mínima a la tensión expresada en PSI.
- El penúltimo número, indica la posición de soldeo del electrodo.

**TABLA 2.1** Clasificación de los Electrodo

CLASIFICACIÓN	TIPO DE REVESTIMIENTO	POSICIONES	TIPO DE CORRIENTE
E6010	Celulósico, sodio.	PV,SC,H	CD, Polo (+)
E6011	Celulósico, potasio.	PV,SC,H	CA o CD, Polo (+)
E6012	Rutilico, sodio.	PV,SC,H	CA o CD, Polo (+)
E6013	Rutilico, potasio.	PV,SC,H	CA o CD, Polo (+) (-)
E6020	Oxido de hierro.	P,FH	CA o CD, Polo (+) (-)
E6027	Oxido de hierro, polvo de hierro.	P,FH	CA o CD, Polo (+) (-)
E7014	Rutilico, polvo de hierro.	PV,SC,H	CA o CD, Polo (+) (-)
E7015	Bajo hidrógeno, sodio.	PV,SC,H	CD, Polo (+)
E7016	Bajo hidrógeno, potasio.	PV,SC,H	CA o CD, Polo (+)
E7018	Bajo hidrógeno, polvo de hierro.	PV,SC,H	CA o CD, Polo (+)
E7024	Rutilico, polvo de hierro	P,FH	CA o CD, Polo (+) (-)
E7028	Bajo hidrógeno, polvo de hierro.	P,FH	CA o CD, Polo (+)

P= Posición plana  
V= posición vertical  
SC = Posición Vertical  
FH = Filete Horizontal

**POSICIÓN DE SOLDEO**  
1= Toda posición  
2= Posición Horizontal  
3= Solo Plana

**FUENTE:** PÁSTOR, Mario, Introducción a la metalurgia de la soldadura.

Facultad de Mecánica. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

- El último número indica datos tales como el tipo de escoria, el tipo de arco, la penetración, la presencia de polvo de hierro, así como también el tipo de corriente a emplear.<sup>[2]</sup>

**TABLA 2.2** Interpretación del último dígito en la clasificación de electrodos AWS

	ÚLTIMO DÍGITO								
	0	1	2	3	4	5	6	7	8
Tipo de energía	CD-EP	CA o CD Polaridad Invertida	CA o CD	CA o CD	CA o CD	CD polaridad invertida	CA o CD polaridad invertida	CA o CD	CA o CD polaridad invertida
Tipo de escoria	Orgánica	Orgánica	Rutilo	Rutilo	Rutilo	Bajo hidrógeno	Bajo hidrógeno	Mineral	Bajo hidrógeno
Tipo de arco	Regular	Escabado- ra	Regular	Blando	Blando	Regular	Regular	Blando	Regular
Penetración	Regular	Profunda	Regular	Ligera	Ligera	Regular	Regular	Regular	Regular
Polvo de hierro en el recubrimiento	0-10%	Nada	0-10%	0-10%	30-50%	Nada	Nada	50%	30-50%

**FUENTE:** PÁSTOR, Mario, Introducción a la metalurgia de la soldadura. Facultad de Mecánica. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

**TABLA 2.3** Sistema AWS de clasificación de los electrodos revestidos

DÍGITO	SIGNIFICADO	EJEMPLO
Primeros dos o tres	Resistencia mínima a la tensión (alivio de esfuerzos)	E-60XX 60.000 lb./plg <sup>2</sup> (mín.) E-110XX 110.000 lb./plg <sup>2</sup> (mín.)
Anterior al último	Posición de aplicación	E-XX1X Todas las posiciones E-XX2X Horizontal E-XX3X Plana
Ultimo	Tipo de energía, tipo de escoria, tipo de arco, magnitud de penetración, presencia de polvo de hierro en el recubrimiento.	
Nota: El prefijo E a la izquierda del número de cuatro o cinco dígitos, significa electrodo para soldadura de arco eléctrico.		

**FUENTE:** PÁSTOR, Mario, Introducción a la metalurgia de la soldadura. Facultad de Mecánica. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

<sup>[2]</sup> PÁSTOR, Mario, Introducción a la metalurgia de la soldadura. Facultad de Mecánica. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Pág.32.

### **2.3.7 Defectos de Soldadura**

Un defecto de soldadura es considerado como una discontinuidad que a su vez resulta de una alteración de las propiedades normales de un metal, vinculando una variación de la estructura típica de la soldadura, falta de homogeneidad en la composición química, mecánica, metalúrgica o características físicas del material base o de aporte. A continuación se detallan los defectos de soldadura más frecuentes.

#### **2.3.7.1 Porosidad**

Se da a partir de la formación de poros y se presenta por la discontinuidad que se origina a partir de gases que se generan durante el proceso de solidificación del cordón de soldadura y los mismos quedan atrapados en este, considerándose uno de los elementos principales para que se de este defecto es la presencia de hidrógeno en exceso. Se divide a su vez en cuatro tipos:

##### *a) Porosidad uniformemente dispersa*

Es porosidad uniformemente que se encuentra distribuida a lo largo de la soldadura; principalmente es causada por la aplicación de una técnica de soldadura incorrecta o por materiales defectuosos.

##### *b) Porosidad agrupada*

Se da por un agrupamiento localizado de poros, se produce por un inicio o fin inadecuado del arco de soldadura.

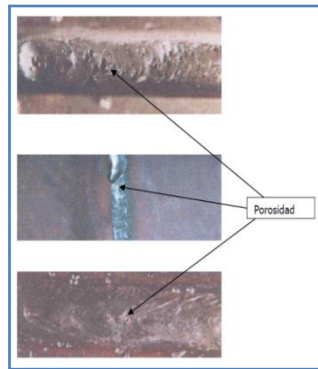
##### *c) Porosidad alineada*

Ocurre principalmente a lo largo de la interfase tanto entre metal de soldadura / metal base, la interfase entre cordones de soldadura, o cerca de la raíz de

soldadura, cabe mencionar que es causada por la contaminación que provoca el gas por su evolución en esos sitios.

*d) Porosidad vermicular o tipo gusanos*

Se lo puede ver como un poro de gas alargado y suele extenderse desde la raíz hasta la superficie de la soldadura. <sup>[3]</sup>



**Figura 2.3** POROSIDAD EN JUNTAS SOLDADAS

**FUENTE:** FERNÁNDEZ, A. (2010), “La importancia de la inspección de soldadura en la fabricación y montaje de estructuras metálicas”, Universidad Veracruzana.

### 2.3.7.2 Inclusiones

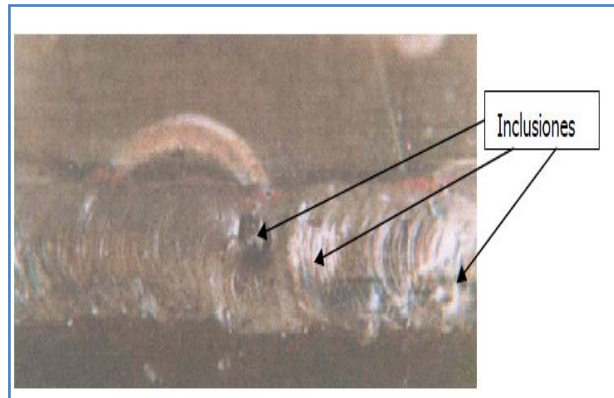
Son sustancias sólidas extrañas atrapadas en el cordón de soldadura y estas pueden estar distribuidas en todo el cordón de soldadura.

Las inclusiones son elementos no metálicos que se quedan depositados en el baño de soldadura, y que son frecuentes en la soldadura por arco. Se dan debido al soldeo incorrecto por el mal acceso a la unión soldada, o a la mala limpieza entre pasada y pasada de soldadura.

---

<sup>[3]</sup> CARVAJAL J., ROMERO J. (2011), “Análisis y evaluación de las propiedades mecánicas de resistencia en juntas soldadas bajo el proceso FCAW afectadas por elevadas temperaturas (incendios), aplicando métodos de ultrasonido y ensayos mecánicos”, Escuela Politécnica del Ejército Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica Carrera de Ingeniería Mecánica. Pág. 32.



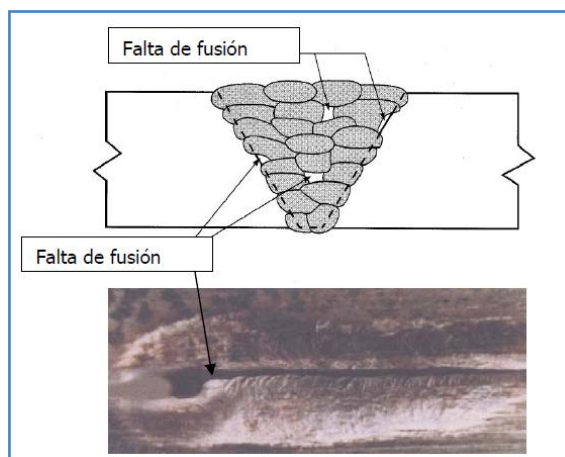


**Figura 2.4 INCLUSIONES EN JUNTAS SOLDADAS**

**FUENTE:** FERNÁNDEZ, A. (2010), “La importancia de la inspección de soldadura en la fabricación y montaje de estructuras metálicas”, Universidad Veracruzana.

### 2.3.7.3 Falta de Fusión

Se produce a causa del uso de una técnica inadecuada de soldadura o de la mala preparación de las juntas a soldar. También se puede producir por el uso de niveles muy bajos de energía de soldadura, la presencia de óxidos, escorias y otros materiales extraños sobre la superficie del material, condiciones que se resumen con los términos la falta de limpieza.



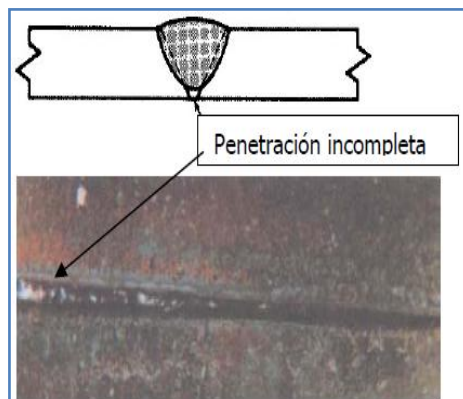
**Figura 2.5 FALTA DE FUSIÓN EN JUNTAS SOLDADAS**

**FUENTE:** FERNÁNDEZ, A. (2010), “La importancia de la inspección de soldadura en la fabricación y montaje de estructuras metálicas”, Universidad Veracruzana.

#### 2.3.7.4 Falta de Penetración

Este problema se debe a una fusión incompleta entre el metal base, debido a que el metal de aporte no penetra hasta la raíz de la junta. Se localiza fácilmente porque se observa que en el reverso de la chapa soldada no sobresale el cordón.

Ante esta falta de penetración se origina una soldadura débil, ya que la superficie de unión es bastante frágil. Este efecto se presenta principalmente cuando se aplican bajos niveles de energía de soldadura, inadecuada preparación de bordes.

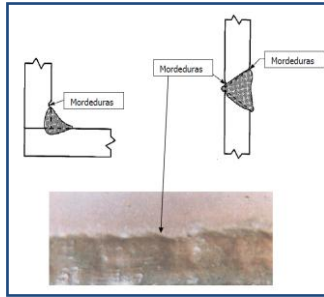


**Figura 2.6** FALTA DE PENETRACIÓN EN JUNTAS SOLDADAS

**FUENTE:** FERNÁNDEZ, A. (2010), “La importancia de la inspección de soldadura en la fabricación y montaje de estructuras metálicas”, Universidad Veracruzana.

#### 2.3.7.5 Mordeduras de Borde

Es la disminución de espesor de metal base localizadas al pie del cordón de soldadura, creando una entalla pudiendo ser continua o intermitente debido a la mala técnica de soldeo. Es un defecto visible que se da por el uso de elevadas intensidades de corriente de arco. Son conocidas como mordedura de borde a las ranuras en la zona de unión entre el metal fundido y el metal base, las mismas que dependiendo de su tamaño y profundidad pueden afectar en gran medida en las propiedades mecánicas de la junta.



**Figura 2.7 MORDEDURA EN JUNTAS SOLDADAS**

**FUENTE:** FERNÁNDEZ, A. (2010), “La importancia de la inspección de soldadura en la fabricación y montaje de estructuras metálicas”, Universidad Veracruzana.

### **2.3.7.6 Falta de Relleno**

Es evidente debido a una falla del soldador en aportar la cantidad necesaria de metal para rellenar la junta de soldadura. Con lo que se determina que este es un defecto que causa reducción de la sección soldada y por lo tanto reducción de la resistencia mecánica de la misma. Este defecto se suele solucionar mediante la ejecución de varias pasadas adicionales hasta obtener el perfil de cordón adecuado.

### **2.3.7.7 Fisuras o Grietas**




Es considerada como una rotura local del metal base debido a esfuerzos producidos durante el enfriamiento o por la presencia de hidrógeno. Con lo que la sensibilidad de la fisura es tanto mayor cuanto más duro es el material.



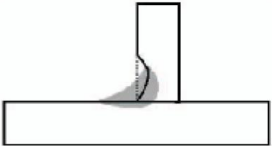
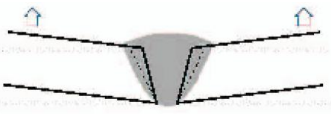




**Figura 2.8 PRESENTACIÓN DE GRIETAS EN JUNTAS SOLDADAS**

**FUENTE:** FERNÁNDEZ, A. (2010), “La importancia de la inspección de soldadura en la fabricación y montaje de estructuras metálicas”, Universidad Veracruzana.

**TABLA 2.4** Principales Defectos de Soldadura

DEFECTOS	CAUSAS	SOLUCIONES
<p><b>POROSIDAD</b></p> 	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Arco corto.</li> <li>2. Corriente inadecuada.</li> <li>3. Electrodo defectuoso.</li> <li>4. Excesiva concentración de hidrógeno, nitrógeno u oxígeno en la atmosfera de la soldadura.</li> <li>5. Excesiva humedad en el electrodo o en el metal base</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Averiguar si hay impurezas en el metal base.</li> <li>2. Usar corriente adecuada.</li> <li>3. Utilizar el vaivén para evitar sopladuras.</li> <li>4. Usar un electrodo adecuado para el trabajo.</li> <li>5. Mantener el arco más largo.</li> <li>6. Usar electrodos de bajo contenido de hidrógeno.</li> <li>7. Usar recomendaciones de mantenimiento y recuperación de electrodos, limpiar y precalentar las superficies</li> </ol>
<p><b>FALTA DE FUSIÓN</b></p> 	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Calentamiento desigual o irregular.</li> <li>2. Orden (secuencia) inadecuado de operación.</li> <li>3. Contracción del metal de aporte.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Puntear la unión o sujetar las piezas con prensas.</li> <li>2. Conformar las piezas antes de soldarlas.</li> <li>3. Eliminar las tensiones resultantes de la laminación o conformación antes de soldar.</li> <li>4. Distribuir la soldadura para que el calentamiento sea uniforme.</li> <li>5. Inspeccionar la estructura y disponer una secuencia (orden) lógica de trabajo.</li> </ol>
<p><b>INCLUSIONES</b></p> 	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Poco cuidado en la limpieza de escoria, entre pasos, de los cordones de soldadura.</li> <li>2. Inclusión de escoria a la orilla del cordón en forma intermitente y escalonada.</li> <li>3. El corte y la superficie de los biseles quedo irregular.</li> <li>4. Técnica incorrecta al manipular la soldadura.</li> <li>5. El voltaje y amperaje son</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Cepille y cincele la escoria al finalizar cada uno de los pasos del cordón.</li> <li>2. Remueva la escoria de la orilla usando una técnica apropiada y evite realizar la corona y el dibujo del contorno, para no atrapar la escoria entre pases.</li> <li>3. Alise la superficie de los biseles que queden limpios y uniformes.</li> <li>4. Corrija los valores eléctricos en su máquina de soldar.</li> <li>5. Cambiar el tipo de electrodo y usar electrodos en buen estado.</li> </ol>

	inadecuados al tamaño del metal base.	
<p><b>FALTA DE PENETRACIÓN</b></p> 	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Velocidad excesiva.</li> <li>2. Electrodo de diámetro excesivo.</li> <li>3. Corriente muy baja.</li> <li>4. Preparación deficiente.</li> <li>5. Electrodo de diámetro pequeño.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Usar la corriente adecuada. Soldar con lentitud necesaria para lograr buena penetración de raíz.</li> <li>2. Velocidad adecuada.</li> <li>3. Calcular correctamente la penetración del electrodo.</li> <li>4. Elegir un electrodo de acuerdo con el tamaño de bisel.</li> <li>5. Dejar suficiente separación en el fondo del bisel.</li> </ol>
<p><b>PENETRACIÓN EXCESIVA</b></p> 	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Corriente muy elevada.</li> <li>2. Posición inadecuada del electrodo.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Disminuir la intensidad de la corriente.</li> <li>2. Mantener el electrodo a un ángulo que facilite el llenado del bisel.</li> </ol>
<p><b>SOCAVACIÓN</b></p> 	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Manejo defectuoso del electrodo.</li> <li>2. Selección inadecuada del tipo de electrodo.</li> <li>3. Corriente muy elevada.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Usar vaivén uniforme en las soldaduras de tope.</li> <li>2. Usar electrodo adecuado.</li> <li>3. Evitar un vaivén exagerado.</li> <li>4. Usar corriente moderada y soldar lentamente.</li> <li>5. Sostener el electrodo a una distancia prudente del plano vertical al soldar filetes horizontales.</li> </ol>
<p><b>DEFORMACIÓN</b></p> 	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Calentamiento desigual o irregular</li> <li>2. Orden (secuencia) inadecuado de operación</li> <li>3. Contracción del metal de aporte</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Puntear la unión o sujetar las piezas con prensas.</li> <li>2. Conformar las piezas antes de soldarlas.</li> <li>3. Eliminar las tensiones resultantes de la laminación o conformación antes de soldar.</li> <li>4. Distribuir la soldadura para que el calentamiento sea uniforme.</li> <li>5. Inspeccionar la estructura y disponer una secuencia (orden) lógica de trabajo.</li> </ol>
<p><b>COMBADURA</b></p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Diseño inadecuado.</li> <li>2. Contracción del metal de aporte.</li> <li>3. Sujeción defectuosa de las piezas.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Corregir el diseño.</li> <li>2. Martillar (con martillo de peña) los bordes de la unión antes de soldar.</li> <li>3. Aumentar la velocidad de trabajo (avance).</li> <li>4. Evitar la separación</li> </ol>

	<ol style="list-style-type: none"> <li>4. Preparación deficiente.</li> <li>5. Recalentamiento en la unión.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>excesiva entre piezas.</li> <li>5. Fijar las piezas adecuadamente.</li> <li>6. Usar un respaldo enfriador.</li> <li>7. Adoptar una secuencia de trabajo.</li> <li>8. Usar electrodos de alta velocidad y moderada penetración.</li> </ol>
<p style="text-align: center;"><b>GRIETAS</b></p> 	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Electrodo inadecuado</li> <li>2. Tamaño desproporcionado de la junta respecto al espesor de la pieza.</li> <li>3. Soldaduras defectuosas.</li> <li>4. Preparación defectuosa.</li> <li>5. Unión rígida.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Para eliminar juntas rígidas, adoptar un diseño de estructura y el método adecuado.</li> <li>2. Adapte el diámetro del electrodo al espesor de la pieza</li> <li>3. Evite soldaduras de cordones en serie.</li> <li>4. Mantenga los bordes de la junta sin sujeción el máximo tiempo posible.</li> <li>5. Haga soldaduras resistentes de buena fusión.</li> <li>6. Caliente las piezas previamente.</li> <li>7. Procure que las juntas tengan una separación libre entre planchas, uniforme y adecuada.</li> <li>8. Trabaje con el amperaje más bajo posible.</li> <li>9. Utilice electrodos de bajo hidrógeno</li> </ol>

**FUENTE:** Catálogo de características y propiedades de los electrodos más usados de INDURA

### 2.3.8 La metalografía

La metalografía es considerada como la ciencia que estudia microscópicamente las características estructurales de un metal o de una aleación. El microscopio, es el instrumento más importante del para obtener la apreciación del punto de vista técnico respecto a la muestra, al determinar el tamaño de grano, forma y distribución de varias fases e inclusiones que tienen gran efecto sobre las propiedades mecánicas del metal. La microestructura revelará el tratamiento mecánico y térmico del metal y, bajo un conjunto de condiciones dadas, podrá predecirse su comportamiento esperado.

Hay que tener en cuenta que para obtener resultados satisfactorios con este ensayo microscópico, todo depende de la buena forma en la que se prepare la muestra. El procedimiento que se sigue en la preparación de una muestra es comparativamente sencillo y se lo realiza hasta obtener una superficie plana, sin rayaduras, semejante a un espejo.

### **2.3.8.1 Procedimiento de ensayo metalográfico**

La preparación de la muestra puede dividirse en seis fases, considerando que hasta la cuarta fase se vincula lo relacionado a la preparación de la muestra, a continuación se indican los pasos a seguir en un ensayo metalográfico:

- a) Corte
- b) Montaje de la muestra
- c) Desbaste
- d) Pulido
- e) Ataque
- f) Observación

#### ***a) Corte***

El tamaño de la muestra siempre que se pueda debe ser tal que su manejo no encierre dificultad en la operación.

- ***Corte por Sierra***

Produce severas condiciones de trabajo en frío y no es ventajoso. El corte mediante este método ocasiona superficies irregulares con valles excesivamente altos, dando como efecto más tiempo de aplicación de las técnicas de preparación de las muestras. Generalmente este tipo de corte es utilizado para extraer probetas de piezas muy grandes, para poder luego proceder con el corte abrasivo y adecuar la probeta a los requerimientos necesarios.

- ***Corte por Disco Abrasivo***

Este tipo de corte es el más utilizado, ya que la superficie resultante es suave, y el corte se realiza rápidamente. Los discos para los cortes abrasivos, están formados por granos abrasivos (tales como óxido de aluminio o carburo de silicio), aglutinados con goma u otros materiales. Los discos con aglutinantes de goma son los más usados para corte húmedo; los de resina son para corte en seco.

***b) Montaje de la muestra***

Con frecuencia, la muestra a preparar, por sus dimensiones o por su forma, no permite ser pulida directamente, sino que es preciso montarla o embutirla en una pastilla. El material del que se encuentra compuesta dicha pastilla puede ser Lucita (resina termoplástica) o Bakelita (resina termoendurecible).

***c) Desbaste***

- ***Desbaste Grosero.***- Es el desbaste inicial y se practica una vez extraída la probeta con la finalidad de reducir las irregularidades, producidas en la operación de extracción, hasta obtener una cara lo más plana posible. Se lo puede realizar utilizando papel de lija de Carburo de Silicio con grano de papel de 150, 240 o papel de esmeril # 1. Esta operación puede realizarse de manera suave para evitar la distorsión y rayado excesivo del metal. Se debe considerar que antes de continuar con la siguiente lija se debe girar en 90° la muestra, a fin de eliminar el rayado realizado con la lija anterior
- ***Desbaste Intermedio.***- Se lo realiza apoyado la superficie sobre el papel de lija o de esmeril, colocando sobre una mesa plana o esmeriladora de banda fija. En esta fase se utilizan los papeles de lija # 320 y 400 o papel de esmeril 1 y 2.
- ***Desbaste Final.***- Similar a los anteriores con el empleo de lija # 600 o 1000 o a su vez de esmeril # 3. Se debe considerar que luego de cada vez que se



cambie de papel de lija se debe girar 90 grados, en la dirección perpendicular a la que se seguía con el papel de lija anterior, de manera que las rayas desaparezcan por completo.

#### ***d) Pulido***

Tiene por objeto dejar una superficie plana y libre de ralladuras, el procedimiento empleado se lo realiza mediante el uso de una rueda giratoria húmeda que se encuentra cubierta con un paño cargado con partículas abrasivas seleccionadas en su tamaño. Existen varios tipos de abrasivos, tales como la Alúmina (Óxido de Aluminio) utilizada para pulir materiales ferrosos, los basados en cobre u Óxido de Cerio para pulir aluminio, magnesio y sus aleaciones. Otros abrasivos son la pasta de diamante, Óxido de Cromo y Óxido de Magnesio. La selección del paño para pulir depende del material que se va a pulir y el propósito del estudio metalográfico.

#### ***e) Ataque***

El propósito del ataque químico es hacer visibles las características estructurales del metal o aleación. El proceso debe ser tal que queden claramente diferenciadas las partes de la microestructura. Esto se logra mediante un reactivo apropiado que somete a la superficie pulida a una acción química. Los reactivos que se utilizan consisten en ácidos orgánicos o inorgánicos y los álcalis disueltos en alcohol, agua u otros solventes.

Se lo realiza ubicando la muestra con la cara pulida arriba en una solución contenida en una caja de Petri. Un método opcional consiste en aplicar el reactivo con un gotero para ojos. Si el tiempo de ataque es demasiado corto, la muestra quedará subatacada y los límites de grano y otras configuraciones se verán desvanecidos e indistintos cuando se observen en el microscopio. Si el tiempo de ataque es demasiado largo, la muestra se sobreatacará y quedará muy oscura,

mostrando colores no usuales. El tiempo de ataque debe controlarse muy cuidadosamente.

La acción del ataque se detiene al colocar la muestra bajo una corriente de agua. Límpiase la muestra con alcohol y utilice una secadora de pelo para terminar de secarla. Cuídese de no frotar la muestra pulida y atacada con alguna tela o con los dedos, porque esto altera la condición superficial del metal.<sup>[4]</sup>

#### *f) Observación*

La muestra se coloca en la placa de un microscopio metalúrgico, de modo que la superficie de la muestra sea perpendicular al ojo óptico. Puede observarse con ampliaciones diferentes, y elegir la adecuada. Si se examina con un aumento de 500x deben aparecer claramente el constituyente perlita, en una muestra de acero completamente recocido. Puede tomarse una imagen de la microestructura. Si la muestra no ha sido bien atacada por el ácido, el aspecto de la perlita será prácticamente invisible o muy débil. Si el ataque ha sido excesivo la perlita tendrá un aspecto muy negro. Se puede hacer un repulido rápido y un nuevo ataque.

Mediante este tipo de ensayo se puede determinar a nivel microestructural porosidades y microfisuras en distintos materiales así como también en juntas soldadas.

### **2.3.9 Aspectos del Almacenamiento de Electrodo Revestidos**

Se debe considerar que al momento de almacenamiento de electrodos según la norma AWS se debe considerar que los mismos se deben ubicar en pequeños paquetes, de electrodos del mismo tipo ya sean celulósicos, rutílicos, de bajo contenido de hidrógeno u otra clase, evitando así confusiones a la hora de utilizarlos.

---

<sup>[4]</sup> ESCOBAR R. (2008), "Diseño y construcción de una presa hidráulica automática para el montaje de probetas metalográficas en caliente para el laboratorio de materiales de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica". Carrera de Mecánica. UTA.

Todos los revestimientos de electrodos contienen H<sub>2</sub>O. Algunos tipos como los celulósicos requieren un contenido mínimo de humedad para trabajar correctamente (4% para un AWS E-6010). En otros casos, como en los de bajo hidrógeno, se requieren niveles bajísimos de humedad; 0.4 a 0.5% para la serie 70 (Ej. 7018), 0.2% para la serie 80 (Ej. E- 8018); 0.15% para las series 90, 100, 110 y 120 (Ej. 9018, 11018, 11018 y 12018).

Según la norma AWS para que los electrodos se conserven en óptimas condiciones deben mantenerse en lugares secos con una *humedad relativa que no exceda el 50 %*. La presencia de lubricantes, rociaduras de pinturas o humedad atmosférica puede ocasionar trabajos de soldadura de baja calidad; por lo tanto normalmente los electrodos deben almacenarse en hornos equipados para tales condiciones.

Cuando un electrodo se expone a la humedad su revestimiento tiende a desintegrarse. Al manipular los electrodos para su almacenaje, se debe procurar no golpearlos o flearlos, pues hay peligro de que se produzcan agrietamientos en el revestimiento, con lo que el electrodo queda inservible.

Los trabajos que exigen calidad requieren que el cordón tenga excelentes condiciones tanto internas como externas, con lo que una vez que los electrodos se han expuesto tan solo treinta minutos a la intemperie, su revestimiento empieza a absorber la humedad del medio ambiente influyendo de esta manera el hidrógeno absorbido en el cordón de soldadura; lo que se muestra en el *Anexo 16* con el mínimo de horas de exposición atmosférica permitida de los electrodos de bajo hidrógeno.

A continuación, se presenta la siguiente tabla recomendada por la norma norteamericana AWS, en la cual se proponen las condiciones de almacenamiento y reacondicionamiento de acuerdo con la clasificación del electrodo.

**TABLA 2.5** Almacenamiento de Electrodo Revestidos

<b>CONDICIONES APROPIADAS DE ALMACENAMIENTO Y RECUPERACIÓN DE ELECTRODOS REVESTIDOS</b>			
<b>CONDICIONES DE ALMACENAMIENTO*</b>			
<b>Clasificación AWS</b>	<b>Medio Ambiente</b>	<b>Horno</b>	<b>Recuperación<sup>a</sup></b>
E6010, E6011	Temperatura Ambiente	No recomendado	No recomendado
E6012, E6013, E6020, E6022, E6027, E7014, E7024	80 ± 20° F (30 ± 10 °C) 50 % máx. humedad relativa	20 – 40 °F (10 – 20 °C) Sobre Temperatura Ambiente	1 hora / 275 ± 25° F (135 ± 15 °C)
E7015, E7016, E7018, E7028, E7048	80 ± 20° F (30 ± 10 °C) 50 % máx. humedad relativa	50 – 250° F (30 - 140°C) sobre la temperatura ambiente	2 horas / 475 ± 25 ° F (245 ± 15 °C)

<sup>a</sup>Debido a las diferencias inherentes en el fabricante, deben consultarse los proveedores de estos electrodos para las condiciones secantes exactas

\*Después de la apertura del paquete del fabricante

**Fuente:** Norma AWS A5.1-81 pág. 34

### 2.3.10 Tipos de Hornos

#### 2.3.10.1 Horno de cubilote

Los cubilotes son hornos cilíndricos verticales compuestos de una envoltura de chapa de acero dulce de 5 a 10mm. de espesor, con un revestimiento interior de mampostería refractaria de unos 250mm. de espesor. El horno descansa sobre cuatro columnas metálicas denominadas pies de sostén del cubilote. El fondo de los cubilotes modernos lleva que se abren después de las coladas, para vaciar todas las escorias acumuladas allí; entre las ventajas que ofrece este tipo de hornos son las siguientes:

- 1.-Permite alcanzar temperaturas hasta de 1500 °C, lo que facilita la obtención de fundiciones blancas y especiales y las adiciones en el canal y en la cuchara de coladas.
- 2.- Se ahorra combustible.

### **2.3.10.2 Hornos de reverbero**

Los hornos de reverbero se utilizan para la fundición de piezas de grandes dimensiones, tanto de metales férreos como de metales no férreos, como cobre latón, bronce y aluminio.

Los hornos de reverbero son de poca altura y gran longitud. En uno de los extremos se encuentra el hogar donde se quema el combustible, y en el extremo opuesto la chimenea. Las llamas y productos de la combustión atraviesan el horno y son dirigidos, por la bóveda de forma adecuada hacia la solera del horno, donde está situada la carga del metal que se desea fundir. Esta carga se calienta, no solo por su contacto con las llamas y gases calientes sino también por el calor de radiación de la bóveda del horno de reverbero.

### **2.3.10.3 Hornos Rotativos**

Los hornos rotativos están formados por una envoltura cilíndrica de acero, de eje sensiblemente horizontal, que termina con dos troncos de cono, uno en cada extremo. En uno de los extremos está situado el quemador y en el otro la salida de los gases quemados, que generalmente pasan por un sistema de recuperación de calor para precalentar el aire de soplado antes de ser evacuados por la chimenea. Todo el interior del horno está revestido con un material refractario. El combustible puede ser gasoil o carbón pulverizado.

### **2.3.10.4 Hornos de crisoles**

Los crisoles son recipientes de arcilla mezclada con grafito y otras sustancias, provistos de tapa para cierre hermético, que una vez cargados y cerrados se caldean en los denominados hornos de crisoles, utilizando como combustible carbón o, mas modernamente, gasoil.

La fusión en crisoles es uno de los procedimientos más antiguos y sencillos para elaborar metales, y todavía se emplea, y probablemente se empleara siempre por la economía de su instalación sobre todo para fundir pequeñas cantidades.

#### **2.3.10.5 Hornos Eléctricos**

Los hornos eléctricos son equipos o dispositivos utilizados en la industria, en los que se calientan las piezas o elementos colocados en su interior por encima de la temperatura ambiente, siendo que el objeto de este calentamiento puede ser muy variado, por ejemplo:

- Fundir.
- Ablandar para una operación de conformación posterior.
- Tratar térmicamente para conservar determinadas propiedades.

Adicionalmente los hornos eléctricos se han impuesto últimamente a los calentados por gases como consecuencia de las grandes ventajas que ofrecen, tales como:

- Puede controlarse la uniformidad de temperatura y mantener ésta entre límites muy precisos, con regulaciones completamente automáticas.
- La no producción de humedad.
- Se instalan en espacio reducido.
- Emanación de productos nocivos de la combustión.

Está demostrado que los hornos eléctricos son capaces de producir del 40 al 60% más que los calentados por otros sistemas. Toda la energía eléctrica útil es directa y uniformemente aplicada y utilizada en el trabajo térmico y la temperatura de trabajo puede ser llevada con facilidad y regularidad muy cerca del límite de seguridad del material, sin peligro de estropearla.

### a) Hornos eléctricos de arco

Los hornos eléctricos de arco están formados por una cuba de chapa de acero revestida de material refractario, provista de electrodos de grafito o de carbón amorfo. Los electrodos de carbón amorfo se forman en el mismo horno, llenando las camisas que llevan los portaelectrodos de una mezcla formada por antracita, cok metalúrgico, coke de petróleo y grafito amasados con alquitrán.

### b) Hornos eléctricos de inducción

En los hornos eléctricos de inducción, el calor se genera por corrientes inducidas por una corriente alterna. Se distinguen tres clases de hornos de inducción:

- **Hornos de baja frecuencia.-** En estos hornos el calor se produce por el efecto joule de la corriente inducida en el metal que se trata de fundir, que actúa como arrollamiento secundario de un transformador. Los primeros modelos estaban formados por un crisol en forma de anillo que constituía la espira del secundario de un transformador, cuyo primario estaba conectado a la red. Pero en la actualidad los hornos de esta clase están formados por un crisol cuyo fondo está en comunicación con un conducto circular, que forma la espira secundaria del transformador de inducción. El metal contenido en el conducto es el que se funde, desplazándose su masa y comunicando el calor al resto del material.
- **Hornos de alta frecuencia.-** En los hornos de alta frecuencia el calor lo producen las corrientes de Foucault, ordinariamente consideradas como parásitas, inducidas en el metal, que actúa como núcleo de un solenoide o arrollamiento primario. Estos hornos están formados por un crisol refractario que contiene el metal, rodeado de un arrollamiento de tubo de cobre por el que circula una corriente de alta frecuencia, que crea un campo magnético variable, calentándose la masa de metal contenida en el crisol por las corrientes de Foucault inducidas por el campo magnético.

- **Hornos electrónicos.**- En los hornos electrónicos el calor se produce por la vibración molecular del cuerpo que se trata de calentar cuando es sometido a un fuerte campo de radiaciones electromagnéticas de muy alta frecuencia (frecuencias de radio).

### c) **Hornos Eléctricos Tipo Mufla**

Con la finalidad de proteger el material contra la oxidación durante el tratamiento del mismo, se usan generalmente Hornos Eléctricos con mufla, evitando de esta manera que los materiales estén en contacto con los productos de combustión, en el cual el material se calienta.

En los Hornos Eléctricos, el calor se transmite por conducción a través de la mufla metálica que protege el material calentado de su contacto con los gases, y luego se transmite por radiación desde el interior de la mufla al material.

Un horno tipo mufla ofrece varias ventajas técnicas y económicas más importantes de los hornos de resistencia eléctrica tales como:

- Control exacto y sencillo de la temperatura mediante el uso de elementos de regulación relativamente económicos.
- Ventajas económicas e higiénicas debido a que no existe mezcla de los materiales a calentar con los combustibles, esto debido a que el calor se genera con resistencias eléctricas.
- La temperatura en el interior del horno es constante y es controlada fácilmente.
- Mínima influencia de la temperatura ambiente.
- Facilidad en su construcción y mantenimiento.
- Las temperaturas que alcanzan no tienen otro límite superior que el determinado por las características del material de la resistencia.
- Buenas condiciones de trabajo, limpieza y funcionamiento.



### 2.3.11 Hornos y Estufas de Conservación de Electroodos

Son usados principalmente para el secado y conservación de electrodos revestidos, siendo que de esta manera se conservan las propiedades necesarias que soportan constantes cargas estáticas, cargas variables, mejores propiedades mecánicas y características de aspecto visual al momento de tener cordones planos de muy buen acabado.

Su implementación normalmente se realiza en lugares húmedos o muy fríos, con lo que bajo esta consideración se los emplea en industrias sometidos a trabajos rigurosos que normalmente consideran normalización y demandan trabajos de responsabilidad.

Hay que mencionar que en función del número de electrodos, por ende la capacidad de carga que pueden almacenar, se hace distinción entre estufas portátiles que pueden almacenar entre pocos kilogramos hasta unos 10 kilogramos de electrodos y son utilizadas por soldadores, son económicas y polivalentes, secado-mantenimiento y hornos de secado, que son más robustos pueden ir desde 24 a 200 paquetes.



**Figura 2.9** Estufas portátiles para secado de electrodos

**Fuente:** Hornos Schemin Weld Industries

Un horno para secado o conservación de electrodos se compone de un cuerpo metálico exterior de chapa, aislado en su interior con material aislante; un cajón interior de chapa de acero, con una cámara de aire entre ellos donde se alojan las

resistencias adecuadas y otra caja metálica que aloja la instalación eléctrica, limitador y el termostato correspondiente.



**Figura 2.10** Horno estacionario para secado de electrodos

**Fuente:** Carrocerias IMCE

El aislamiento se realiza mediante fibras minerales y cerámicas de baja masa térmica y gran poder calorífico, cuidadosamente dispuestas en estratos a fin de reducir las pérdidas de calor. El perfecto aislamiento conseguido permite un ambiente fresco de trabajo.

Las resistencias eléctricas normalmente están colocadas en la parte inferior de estos hornos y en ciertos casos incorporadas en las partes laterales, la ubicación de las resistencias en la parte inferior ayuda en gran medida al ascenso adecuado del aire caliente que repercute de manera uniforme el llegar a la temperatura de funcionamiento que puede ser regulada de acuerdo a las necesidades requeridas.

### **2.3.12 Partes eléctricas y electrónicas que componen un equipo térmico**

- 1) Sistema de control.
- 2) Elemento de calentamiento.
- 3) Aislamiento térmico.
- 4) Sensor de temperatura.

5) Protección del sistema.

### 1) *Sistema de control*

#### **Clasificación de los sistemas de control**

Los sistemas de control se clasifican en sistemas de lazo abierto, lazo cerrado, On/Off y PID.

- **Control de Lazo Abierto**

Un sistema de control en lazo o bucle abierto es aquél en el que la señal de salida no influye sobre la señal de entrada. La exactitud de estos sistemas depende de su calibración, de manera que al calibrar se establece una relación entre la entrada y la salida con el fin de obtener del sistema la exactitud deseada.

El diagrama de bloque de un sistema en lazo abierto es:



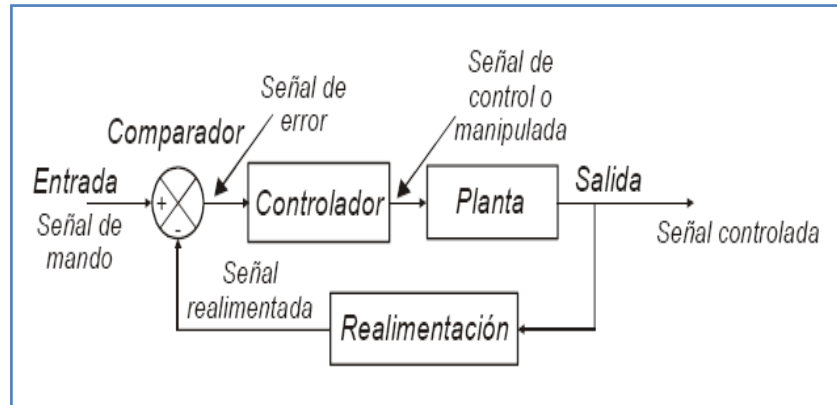
**Figura 2.11** Control Lazo Abierto

**Fuente:** [http://www.sapiensman.com/control\\_automatico.html](http://www.sapiensman.com/control_automatico.html)

- **Control de Lazo Cerrado**

Un sistema de control de lazo cerrado es aquél en el que la acción de control es, en cierto modo, dependiente de la salida. La señal de salida influye en la entrada. Para esto es necesaria que la entrada sea modificada en cada instante en función de la salida. Esto se consigue por medio de lo que llamamos realimentación o retroalimentación.

La realimentación es la propiedad de un sistema en lazo cerrado por la cual la salida (o cualquier otra variable del sistema que esté controlada) se compara con la entrada del sistema (o una de sus entradas), de manera que la acción de control se establezca como una función de ambas. El diagrama de bloques correspondiente a un sistema de control en lazo cerrado es:



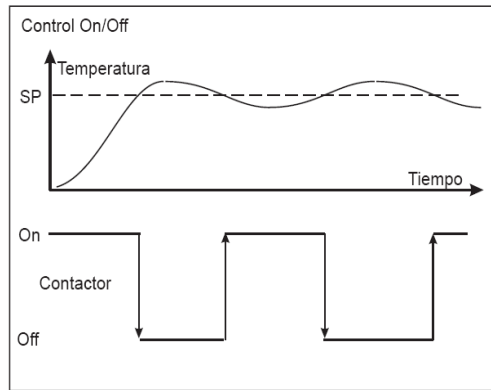
**Figura 2.13** Control Lazo Cerrado

**Fuente:** [http://www.sapiensman.com/control\\_automatico.html](http://www.sapiensman.com/control_automatico.html)

- **Control On/Off**

En aquellos procesos en los que la demanda es intermitente y la aplicación es simple funciona muy bien, dependiendo de su histéresis. En este control el ajuste, se realiza a través de la sensibilidad (histéresis). La histéresis previene que la salida no conmute rápidamente de “Off” a “On”, si la histéresis está seteada en un rango muy estrecho la salida comenzaría a cambiar de estado tan rápido que producirá en una disminución del tiempo de vida útil de algún relé o contacto y, además, la elevación de temperatura en los componentes. Para ver como se comporta mejor el proceso debemos tomar en cuenta que a mayor histéresis existe una mayor inercia por lo tanto, el proceso va a variar más que con menor histéresis.

El control on-off muchas veces es apropiado para mantener la variable controlada del proceso cerca del valor de la referencia que fue especificada, pero típicamente resulta en un sistema donde las variables oscilan.



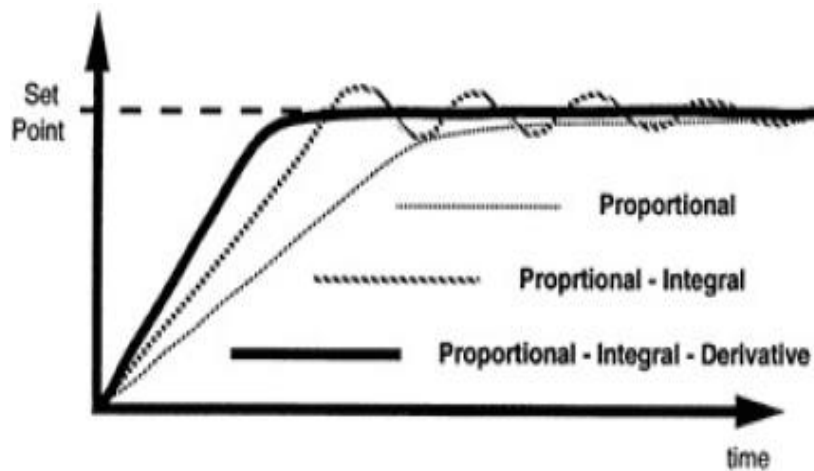
**Figura 2.3** Control On/Off

**Fuente:** [http://www.sapiensman.com/control\\_automatico.html](http://www.sapiensman.com/control_automatico.html)

- **Control PID**

Es un mecanismo de control por realimentación que se utiliza en sistemas de control industriales. Un controlador PID corrige el error entre un valor medido y el valor que se quiere obtener calculándolo y luego sacando una acción correctora que puede ajustar al proceso acorde. El algoritmo de cálculo del control PID se da en tres parámetros distintos: el proporcional, el integral, y el derivativo.

Este tipo de control es utilizado donde la respuesta se requiere lo mas lineal posible de acuerdo al set point, disminuyendo el error lo mas cercano a cero por lo que se tendrá un proceso lo mas estable.



**Figura 2.14** Respuesta en el tiempo al actuar un Control PID

**Fuente:** [http://www.sapiensman.com/control\\_automatico.html](http://www.sapiensman.com/control_automatico.html)

## **Dispositivos de control**

Se tiene una amplia gama de dispositivos de control, que son utilizados generalmente dentro de procesos industriales debido a las ventajas que ofrecen entre los más sobresalientes tenemos los PLC, los microcontroladores, los PC industriales y los controladores de temperatura.

### **a) Controladores de Lógica programable (PLC)**

Como su mismo nombre lo indica, se ha diseñado para programar y controlar procesos secuenciales en tiempo real. Por lo general, es posible encontrar este tipo de equipos en ambientes industriales.

Los PLC sirven para realizar automatismos; son dispositivos electrónicos que reproducen programas informáticos, que permiten controlar procesos automáticamente. Se tiene que saber que hay infinidad de tipos de PLC, los cuales tienen diferentes propiedades, que ayudan a facilitar ciertas tareas para las cuales se los diseñan.

Un PLC es un equipo comúnmente utilizado en maquinarias industriales de fabricación de plástico, en máquinas de embalajes, entre otras; en fin, son posibles de encontrar en todas aquellas maquinarias que necesitan controlar procesos secuenciales, así como también, en aquellas que realizan maniobras de instalación, señalización y control.

### **Estructura de un PLC**

**Entrada:** Corresponde al elemento o interfaz por el cual ingresan los datos que son adaptados y codificados en forma comprensible para la CPU. A la entrada se pueden conectar distintos tipos de captadores como por ejemplo interruptores, pulsadores, sensores, etc. Esta sección del PLC también cumple una misión de protección de los circuitos electrónicos internos.

**Unidad central de Procesos:** Esta sección realiza la interpretación de las instrucciones del programa ingresado a través del usuario y de acuerdo a los resultados obtenidos a la entrada activa o desactiva las salidas del PLC.

**Memoria:** Esta etapa es la encargada de almacenar la información del programa y los datos con los cuales trabaja la CPU. Dependiendo de la función se utilizarán distintos tipos de memoria, como por ejemplo: memoria de usuario, memoria de tabla de datos, memoria de sistema y memoria de almacenamiento.

**Salida:** Esta sección trabaja con las señales entregadas de la CPU, decodificándolas y amplificándolas para manejar distintos tipos de actuadores como por ejemplo relés, contactores, electro-válvulas, lámparas, etc. Esta etapa también cuenta con un sistema de protección para los circuitos internos.

### **Ventajas del PLC**

- Posibilidad de introducir modificaciones sin cambiar el cableado y añadir aparatos.
- Mínimo espacio de ocupación.
- Menor coste de mano de obra de la instalación.
- Economía de mantenimiento. Además de aumentar la fiabilidad del sistema, al eliminar contactos móviles, los mismo autómatas pueden detectar e indicar averías.
- Posibilidad de gobernar varias maquinas con un mismo autómata.
- Menor tiempo para la puesta de funcionamiento del proceso al quedar reducido el tiempo de cableado.
- Si por alguna razón la maquina queda fuera de servicio, el autómata útil para otra máquina o sistema de producción.

## **Desventajas de un PLC**

- Costo elevado, ya que si no se tiene bien definido para el uso que se lo va a dar, puede tener un PLC sobrado para las funciones a automatizar, y en cambio se puede tener otro dispositivo más económico que haga la misma función.

Cada fabricante tiene sus propios comandos, aunque similares, pero cambian para cada marca.

- El PLC, por ser una computadora, es vulnerable como tal. Si el programa se cuelga o se daña, se traba todo el proceso.
- Hace falta un programador, lo que obliga a adiestrar a unos de los técnicos de tal sentido.

## **b) Microcontroladores**

Esta familia, desarrollada por la casa Microchip, son conocidos también con el nombre de Pic, se divide en cuatro gamas, gamas enana, baja, media y alta. Las principales diferencias entre estas gamas radica en el número de instrucciones y su longitud, el número de puertos y funciones, lo cual se refleja en el encapsulado, la complejidad interna y de programación, y en el número de aplicaciones.

Un microcontrolador es un dispositivo electrónico capaz de llevar a cabo procesos lógicos. Estos procesos o acciones son programados en lenguaje ensamblador por el usuario, y son introducidos en este a través de un programador.

### **Ventajas del uso de un microcontrolador**

- Aumento de prestaciones, lo que implica un mayor control sobre un determinado elemento, lo que representa una mejora considerable del mismo
- Aumento de fiabilidad, lo que implica un menor riesgo de averías y menor número de reajustes.
- Disminución del tamaño del producto, con un menor volumen, mano de obra y stocks.



- Disminución del coste del producto.

***Factores a considerar según la aplicación en la que se va a emplear un pic***

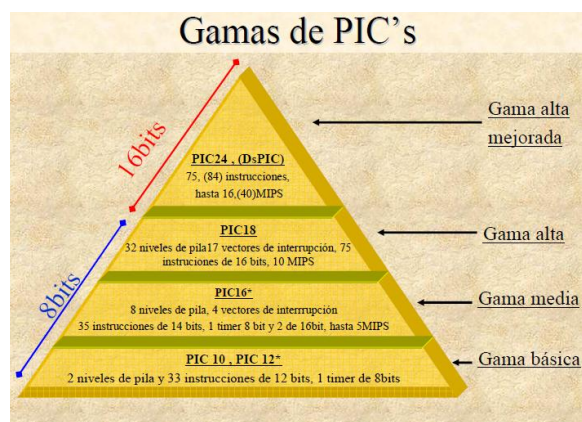
Al momento de seleccionar un microcontrolador se debe estimar los siguientes ítems:

***Elección de la familia (fabricante).***

- Experiencia previa.
- Documentación.
- Herramientas de desarrollo y precio.
- Disponibilidad.

***Elección de modelo concreto de  $\mu C$***

- Precio del microcontrolador.
- E/S y recursos internos.
- Consumo y velocidad.
- Memoria.
- Ancho de palabra.
- Diseño de la placa.



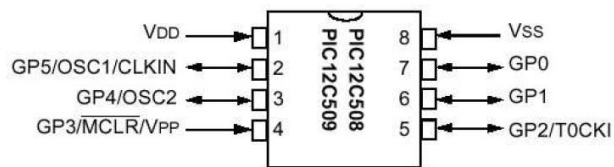
**Figura 2.15** Clasificación de los PIC's

**Fuente:** PIC16F87XA Data Sheet

## Clasificación de los PIC's ó microcontroladores

### Gama baja o enana

Constan de 8 patas y se trata de un grupo de PIC de reciente aparición que ha acaparado la atención del mercado, su principal característica es su reducido tamaño, al disponer todos sus componentes de 8 patitas. Su alimentación se da con un voltaje de corriente continua comprendido entre 2,5 V y 5,5 V, y consumen menos de 2 mA cuando trabajan a 5 V y 4 MHz. El formato de sus instrucciones puede ser de 12 o de 14 bits y su repertorio es de 33 o 35 instrucciones, respectivamente.



**Figura 2.16** Configuración de PIC Gama baja

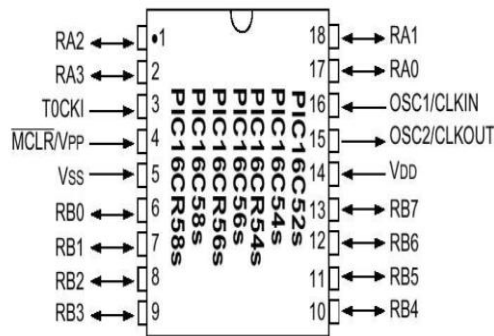
**Fuente:** Microchip PIC16F87X Data Sheet

### Gama media. PIC16CXXX con instrucciones de 14 bits

Es la gama más variada y completa de los PIC que abarca modelos con encapsulado desde 18 patas hasta 68, cubriendo varias opciones que integran abundantes periféricos.

Estos PIC admiten interrupciones, poseen comparadores de magnitudes analógicas, convertidores A/D, puertos serie y diversos temporizadores. El repertorio de instrucciones es de 35, de 14 bits cada una y compatible con el de la gama baja. Sus distintos modelos contienen todos los recursos que se precisan en las aplicaciones de los microcontroladores de 8 bits. También dispone de interrupciones y una Pila de 8 niveles que permite el anidamiento de subrutinas.

Los PIC de gama media con encapsulado de 8 terminales se caracterizan porque pueden funcionar con tensiones pequeñas (2V) y con un consumo de corriente de sólo unos 100uA en funcionamiento normal, y 1 nA a 2V en el modo de bajo consumo.



**Figura 2.17** Configuración de PIC Gama Media

**Fuente:** Microchip PIC16F87X Data Sheet

**Gama alta: PIC17CXXX con instrucciones de 16 bits.**

En estos PIC se alcanzan las 58 instrucciones de 16 bits en el repertorio y sus modelos disponen de un sistema de gestión de interrupciones vectorizadas muy potente. También incluyen variados controladores de periféricos, puertas de comunicación serie y paralelo con elementos externos, un multiplicador hardware de gran velocidad y mayores capacidades de memoria, que alcanza los 8K palabras en la memoria de instrucciones y 454 bytes en la memoria de datos.

**c) PC industriales**

Los PC's industriales son equipos robustos que pueden soportar ambientes hostiles y, al mismo tiempo, ofrecen una capacidad de expansión increíble, flexibilidad, fiabilidad y la más alta calidad que se espera de un equipo industrial.

**Características de un PC industrial**

- Mayor solidez mecánica y eléctrica.

- Mayor modularidad (más tipos de tarjetas E/S, bastidores industriales, conectores, etc.).
- Mayor capacidad para soportar software específico (respuestas en tiempo real y preparado para responder ante soluciones de tiempo crítico).
- Mejores protecciones ante ambientes hostiles con alto ruido electromagnético y condiciones ambientales duras (polvo, temperaturas extremas, variaciones de tensión bruscas y elevadas, etc.).

### **Tipos de PC industriales**

- Estaciones de trabajo Basadas en sistemas operativos específicos (UNIX) con alto nivel de procesamientos de datos y robustez.
- Sistemas multiprocesador modulares, múltiples placas de control interconectadas por sistemas de bus de altas prestaciones.
- Sistemas PC tradicionales con características industriales PC proveniente del entorno oficina adaptado al industrial, alternativa más económica para instalaciones de poca complejidad.

#### **d) Controladores de temperatura**



**Figura 2.18** Controlador de Temperatura

**Fuente:** Fanox Electronic

El controlador de temperatura es aquel que tiene la capacidad de mantener la temperatura adecuada en un horno para un tratamiento de un mineral en una refinería o para tratamientos térmicos de diferentes Aceros, o cómo podríamos hacer un control de un sistema de calefacción, es aquí donde entran a tallar los controles que rigen el comportamiento de la temperatura.

Los controladores de temperatura/proceso satisfacen las necesidades de una gran variedad de procesos industriales. Son ideales para equipos de manufactura de semiconductores, equipos de procesamiento de plásticos, de embalaje y aplicaciones de control de procesos industriales.

## 2) *Elemento de calentamiento*



**Figura 2.19** Elemento de calentamiento

**Fuente:** Elaborado por el autor

La finalidad de una resistencia eléctrica es la de oponerse al paso de una corriente eléctrica para circular a través de ésta. Las resistencias de un horno eléctrico están constituidas por un devanado sinuoso montado sobre las superficies interiores de la cámara de calentamiento del mismo. Hay que mencionar que el colocar las resistencias eléctricas en el interior de las paredes se da debido a la radiación que existe en todas las superficies de carga.

Los materiales empleados para la fabricación de resistencias eléctricas metálicas en hornos industriales se pueden clasificar en tres grandes grupos:

- *Aleaciones de base Ni-Cr*, de las cuales la más utilizada en resistencias de hornos eléctricos es 80 Ni-20 Cr, las mismas que suelen trabajar en temperaturas que oscilan los 400 a 1100 °C, su punto de fusión se da aproximadamente a los 1400 °C. A continuación se presenta una tabla en la que constan varias resistencias a base de esta aleación.

**Tabla 2.6** Características principales de las aleaciones de base Ni-Cr

Aleación Ni-Cr	80-20	70-30	60-15	40-20	30-20	20-25
Composición aproximada:						
Ni %	80	70	60	37	30	20
Cr %	20	30	15	18	20	25
Fe %	<1	<1	20	40	45	50
Densidad kg/m <sup>3</sup>	8.300	8.100	8.200	7.900	7.900	7.800
Temperatura de fusión °C	1.400	1.380	1.390	1.390	1.390	1.380
Temperatura máxima de utilización °C	1.200	1.250	1.150	1.100	1.100	1.050
Calor específico a 20 °C kJ/kg·K	0,45	0,45	0,45	0,46	0,50	0,50
Conductividad térmica W/mk a 20 °C	15	14	13	13	13	13
Coefficiente dilatación lineal 20-1.000 °C/°C <sup>-1</sup>	18	18	17	19	19	19
Resistencia a la rotura 20 °C N/mm <sup>2</sup>	700	800	700	700	700	700
900 °C N/mm <sup>2</sup>	100	100	100	120	120	120
Resistencia al creep 800 °C N/mm <sup>2</sup>	15	15	15	20	20	20
1.000 °C N/mm <sup>2</sup>	4	4	4	4	4	4

**Fuente:** <http://www.etsimo.uniovi.es/usr/fblanco/Leccion11>.

HornosResistencia.RESISTENCIAS.CALENTAMIENTO.pdf

- *Aleaciones Fe-Cr-Al*, con posible adición de elementos de las tierras raras, obtenidas por fusión o por pulvimetalurgia, su temperatura máxima de trabajo oscila entre los 1100 a 1300 °C, son conocidas con el nombre de resistencias Kanthal, debido a su proveedor.

En relación con las resistencias de las aleaciones Ni-Cr se tiene:

- La densidad es netamente inferior.
- La temperatura de fusión es más elevada.
- La temperatura máxima de utilización es más alta.
- El calor específico y la conductividad térmica son similares.
- La dilatación lineal es más baja.

- La resistencia a la rotura en caliente y la resistencia al creep son más bajas, lo que exige el uso de aleaciones Ni-Cr cuando se requieren buenas propiedades mecánicas en caliente.

**Tabla 2.7** Propiedades de las aleaciones de base Fe-Cr-Al

Aleación	22-6 PM	22-6	22-5	22-4	14-4
Composición química aproximada					
Cr %	22	22	22	22	14
Al %	5,8	5,8	5,3	4,8	4
Fe %	70	70	72	73	80
Densidad kg/m <sup>3</sup>	7.100	7.100	7.150	7.250	7.300
Temperatura de fusión °C	1.500	1.500	1.500	1.500	1.500
Temperatura máxima utilización °C	1.400	1.400	1.400	1.300	1.100
Calor específico a 20 °C kJ/kg · K	0,46	0,46	0,46	0,46	0,48
Calor específico medio a 0-1.000 °C kJ/kg · K	0,54	0,54	0,54	0,54	0,56
Conductividad térmica a 20 °C W/mK	13	13	13	13	15
Coefficiente dilatación lineal 20-1.000 °C 10 <sup>6</sup> °C <sup>-1</sup>	15	15	15	15	15
Resistencia a la rotura 20 °C N/mm <sup>2</sup>	750	800	800	800	700
900 °C N/mm <sup>2</sup>	40	34	37	34	35
Resistencia al creep 800 °C N/mm <sup>2</sup>	14	6	8	6	4
1.000 °C N/mm <sup>2</sup>	1,8	1	1,5	1	0,8

**Fuente:** <http://www.etsimo.uniovi.es/usr/fblanco/Leccion11>.

HornosResistencia.RESISTENCIAS.CALENTAMIENTO.pdf

- *Resistencias de otros materiales*, tales como el molibdeno, tántalo y tungsteno, que son empleados en hornos especiales de alta temperatura.
- *Resistencia de molibdeno*, tiene un punto de fusión de 2600 °C, admite cargas específicas de 15-20 W/m<sup>2</sup>, pero por empezar a oxidarse a 600 °C, debe operar en vacío o en atmósfera reductora. La resistividad varía fuertemente con la temperatura (5,7 veces superior a 1500 °C que a 20°C), lo que exige el empleo de transformadores con tomas para el arranque, el funcionamiento a la temperatura de trabajo e intermedias. Se utiliza frecuentemente en hornos de vacío para temperaturas inferiores a 1600-1700 °C.

- *Resistencia de tántalo*, tiene un punto de fusión de 3030 °C y se utiliza en horno de vacío en forma de hilos arrollados hasta temperaturas de 2300-2400 °C. Su resistividad a 1500°C es seis veces superior a 20°C.

### 3) *Aislamiento Térmico*



**Figura 2.20** Aislamiento térmico – manta cerámica

**Fuente:** [www.lanamineralderocaCalorcol.com](http://www.lanamineralderocaCalorcol.com)

Los aislamientos térmicos son aquellos que tienen la capacidad para oponerse al paso del calor por conducción, son utilizados principalmente debido a que ayudan a reducir las pérdidas de calor hacia el exterior del sistema de calentamiento, con lo que se logra un mejor rendimiento y por ende menor consumo de energía eléctrica. Su selección se da a partir del medio de calentamiento en el que se van a aplicar, estos aislantes térmicos pueden ser las lanas y fibras minerales, ladrillos refractarios, fibras vegetales de madera, vidrios aislantes.

Las características principales de un buen aislamiento térmico son las siguientes:

- El aislamiento debe ser de baja masa térmica y gran poder calorífico, cuidadosamente dispuestas en estratos a fin de reducir las pérdidas de calor.
- Debe tener una baja conductividad térmica.
- Debe tener buenas características de gran estabilidad adimensional, de tal manera que no sufra ninguna alteración en dimensiones al someterse al choque térmico.



- Debe ser flexible para su manipulación, manejo e instalación y a su vez ligero en peso.
- Debe ser resistente a la corrosión.

La manta cerámica es un aislante térmico muy usado en la mayoría de hornos, ya que la misma dependiendo de la capa de espesor en un horno puede soportar temperaturas de trabajo superiores a 1300 °C. Además presenta varias ventajas tales como excepcional resistencia térmica, un alto factor de aislamiento acústico, seguridad contra incendios siendo incombustible, es de instalación fácil y rápida, posee gran estabilidad dimensional, a largo plazo no presenta ni hongos ni insectos y sobre todo no se pudre.

#### 4) Sensor de temperatura



**Figura 2.21** Termocupla

Fuente: info@silge.com.ar

La termocupla es considerado como un sensor de temperatura muy común utilizado industrialmente. Una termocupla se encuentra compuesta de dos alambres de materiales diferentes unidos en un extremo (soldados generalmente). Al aplicar temperatura en la unión de los metales se genera una diferencia de potencial muy pequeño del orden de los milivolts el cual aumenta con la temperatura, que genera a su vez impulsos, los mismos que a su vez son interpretados por el controlador de temperatura que a manera concisa refleja la temperatura a la cual se encuentra el interior de la cámara del horno. Generalmente las más utilizadas son la termocupla tipo J y tipo K, pero para considerar un mayor rango de aplicación y selección se ubica una tabla en el *Anexo 12*.

## 5) Protección del sistema

Básicamente viene definido por un contactor que es un aparato mecánico de conexión y desconexión eléctrica, accionado por cualquier forma de energía, menos manual, capaz de establecer, soportar e interrumpir corrientes en condiciones normales del circuito, incluso las de sobrecarga.

Las energías utilizadas para accionar un contactor pueden ser muy diversas: Mecánicas magnéticas, neumáticas, hidráulicas, etc.. Los contactores corrientemente utilizados en la industria son accionados mediante la energía magnética proporcionada por una bobina, y a ellos nos referimos seguidamente.

Un contactor accionado por energía magnética, consta de un núcleo magnético y de una bobina capaz de generar un campo magnético suficientemente grande como para vencer la fuerza de los muelles antagonistas que mantienen separada del núcleo una pieza, también magnética, solidaria al dispositivo encargado de accionar los contactos eléctricos.



**Figura 2.22** Contactor

**Fuente:** <http://repositorio2.masoportunidades.com.ar>

[/ARG01/193/90/10819906/fotos//10819906\\_3\\_201011\\_21\\_32\\_5.jpg](http://repositorio2.masoportunidades.com.ar/ARG01/193/90/10819906/fotos//10819906_3_201011_21_32_5.jpg)

## 2.4 FUNDAMENTACIÓN LEGAL

Fundamentalmente en la construcción de este horno se va a considerar la NORMA A.W.S. A5.1-81, que vincula recomendaciones de secado, almacenaje y conservación de los electrodos revestidos, así como también consideraciones de

humedades relativas con las que los electrodos y por ende su revestimiento se conservan y funcionan en condiciones óptimas.

Adicionalmente, se utilizó la norma AWS D1.1, que vincula relación con los electrodos de bajo hidrógeno basados en los contenidos de humedad considerando el tiempo de exposición del electrodo.

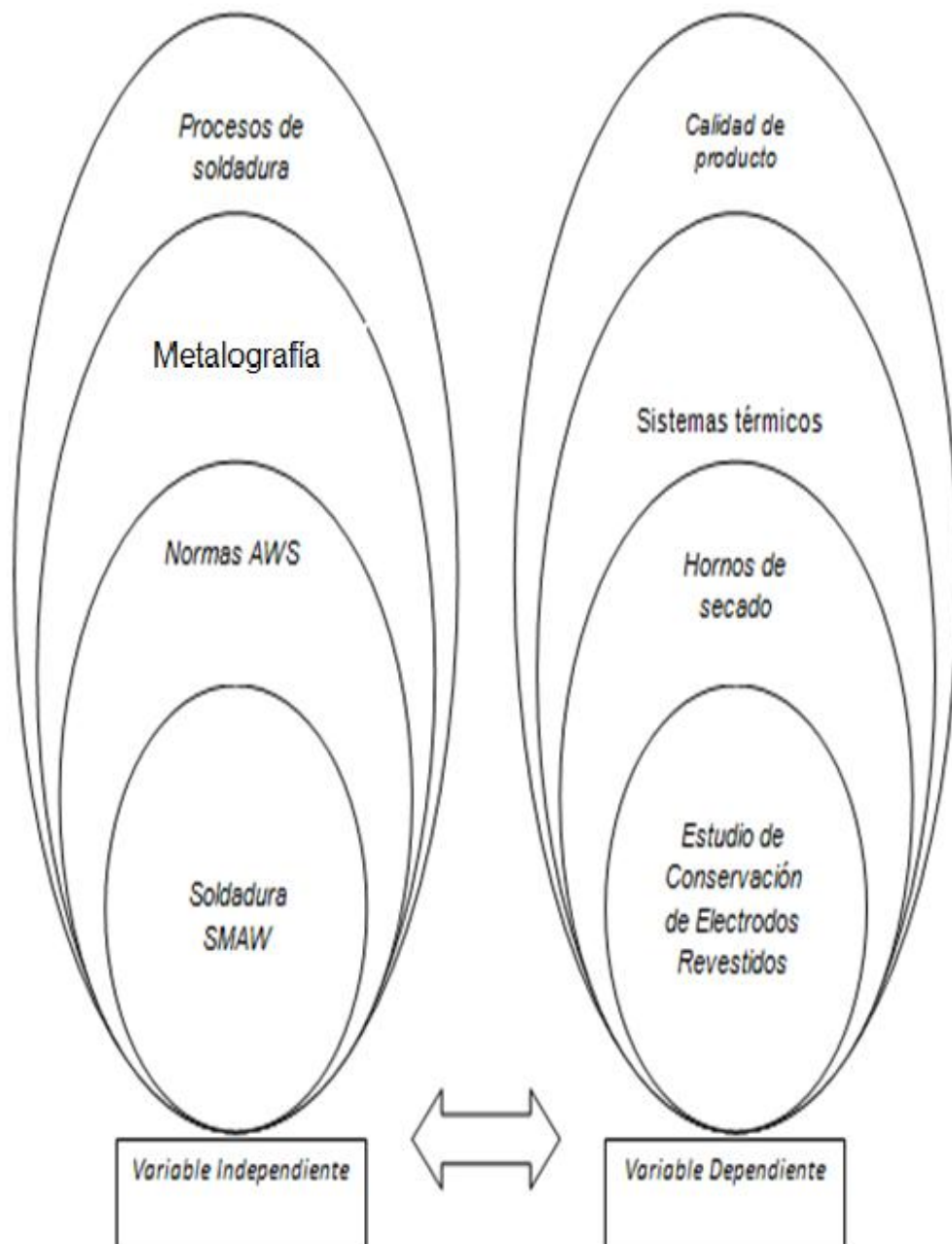
También en este proyecto de investigación se ocupó la norma UNE-14.038, norma en la que se considera primordialmente el ensayo de rendimiento del electrodo revestido, vinculando de manera principal al electrodo de gran rendimiento en el que se considera el E7018 que es uno de los objetos de estudio en el presente proyecto de investigación.

Así como también se utilizó la norma Técnica INEN para aplicación de planos. También se tomará en consideración las siguientes normas y especificaciones internacionales que nos ayudaran a realizar los ensayos de microestructura en el laboratorio de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica:

Norma ASTM E-3 Práctica estándar para la preparación de muestras metalográficas.

Norma ASTM E-112 Métodos de prueba estándar para determinar el tamaño de grano promedio de un acero.

## 2.5 CATEGORÍAS FUNDAMENTALES



## **2.6 HIPÓTESIS**

- La aplicación de la norma AWS garantizará reducir al 0.5 % la humedad relativa de los electrodos revestidos.

## **2.7 SEÑALAMIENTO DE VARIABLES**

### **2.7.1 Variable Independiente**

Normas AWS en los procesos de soldadura.

### **2.7.2 Variable Dependiente**

Estudio de conservación de electrodos revestidos.

## **CAPÍTULO III**

### **METODOLOGÍA**

#### **3.1 ENFOQUE INVESTIGATIVO**

En el presente trabajo de investigación se considerará un enfoque de tipo cuantitativo debido a que se va a realizar la obtención de una serie de datos provenientes de los ensayos realizados, los mismos que van a ser empleados para posterior tabulación y verificación de la hipótesis y por otro lado tenemos un enfoque cualitativo, esto en función de los resultados que se obtendrán de las investigaciones en los lugares afines al tema del proyecto a investigar, la información proviene principalmente de la norma AWS A5.1-81, realizando posteriormente el análisis de dicha información.

Las fuentes primarias nos proporcionarán información de primera mano como en libros, tesis, documentales, internet, etc. Las secundarias son resúmenes y listados de referencias que estén vigentes en determinadas áreas de estudio.

#### **3.2 MODALIDAD BÁSICA DE INVESTIGACIÓN**

Se desarrollará una investigación de campo al considerar que el proyecto se realizará en las instalaciones de Carrocerías IMCE, ubicadas en la ciudad de Ambato y se requiere datos sobre las condiciones en las que va a trabajar el horno Eléctrico, para garantizar de esta manera su correcto funcionamiento.

En esta investigación se incluye la modalidad experimental, ya que una vez funcionando el horno de conservación de electrodos revestidos, se someterá a los mismos a diferentes ensayos a fin de comprobar que se conserve el grado de

humedad adecuado en su revestimiento, el mismo que le da sus bondades y propiedades físicas y mecánicas vitales en el proceso de soldadura.

Se considera una investigación de tipo bibliográfica ya que toda la investigación lleva el fin principal de conocer y ampliar, los diferentes enfoques de ciertas teorías y criterios científicos vinculados con el diseño y construcción de hornos, siendo que la recopilación de datos se basará en todo tipo de documentos e información a través de libros, tesis e Internet facilitados por la biblioteca de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato.

### **3.3 NIVEL O TIPO DE INVESTIGACIÓN**

#### **3.3.1 Descriptivo**

El tipo de investigación es descriptivo ya que para el desarrollo del proyecto se describirá tanto la variable dependiente como la independiente, también se describirán los recursos materiales y económicos que se necesitarán para la consecución del proyecto.

#### **3.3.2 Explicativo**

Mediante este ítem se considera que a través de esta investigación se podrá determinar el buen funcionamiento del Horno para Conservación y secado de electrodos.

#### **3.3.3 Asociación de Variables**

En la asociación de variables se realiza la respectiva comparación de la variable dependiente e independiente ya que ambas están enlazadas respectivamente, para llegar a un fin común.

### 3.4 POBLACIÓN Y MUESTRA

Teniendo en cuenta que por carrocería en esta empresa se emplea un promedio de 9 a 10 Kilogramos de electrodos revestidos en aplicaciones de resoldeo de bases que unen el chasis con la carrocería y que es uno de los puntos críticos del proceso, el equipo se ha diseñado para incluir 10 Kilogramos en sus bandejas.

Tomando en consideración la tabla del *Anexo 7* se tiene para E7018 de 1/8" la cantidad de 29 electrodos por Kilogramo, con lo que se considera un universo de 290 electrodos.

Aplicando la siguiente fórmula se puede determinar el número de electrodos que serán pesados a determinado tiempo durante el periodo de secado.

$$n = \frac{Z^2 PQN}{Z^2 PQ + Ne^2} \quad (3.1)$$

**Fuente:** NARANJO Galo, "Tutoría de la Investigación Científica"

Donde:

$n$  = Tamaño de la muestra

$Z$  = Nivel de confiabilidad 95 %  $\Rightarrow 0.95/2 = 0.475 \Rightarrow Z = 1.96$

$P$  = Probabilidad de ocurrencia 0.5

$Q$  = Probabilidad de no ocurrencia  $1 - 0.5 = 0.5$

$N$  = Población 290

$e$  = Error de muestreo 5 %

$$n = \frac{1.96^2(0.5)(0.5)(290)}{1.96^2(0.5)(0.5) + (290(0.05)^2)}$$

$n = 165.25 \approx 165$  electrodos revestidos



### 3.5 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

#### 3.5.1 Variable Independiente

Normas AWS en los procesos de soldadura.

CONCEPTUALIZACIÓN	CATEGORÍAS	ÍTEMS	INDICADORES	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS
Es un conjunto de estudios previamente realizados y analizados minuciosamente por eruditos que estudian la rama de la soldadura, en las que se indican conclusiones y recomendaciones de los estudios realizados.	- AWS	¿Cuáles son los parámetros de secado del revestimiento de los electrodos?	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Porcentaje de Humedad</li> <li>• Temperatura</li> </ul>	Normas Técnicas
	- Procesos de soldadura	¿Qué tipo de soldadura es la más aplicada en Carrocerías IMCE?	<ul style="list-style-type: none"> <li>• SMAW</li> <li>• GMAW</li> </ul>	Observación

**Fuente:** Realizado por el autor

### 3.5.2 Variable Dependiente

Conservación de electrodos revestidos.

CONCEPTUALIZACIÓN	CATEGORÍAS	ÍTEMS	INDICADORES	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS
Capacidad de mantener los niveles de humedad adecuados de los revestimientos de los electrodos, ayudando de esta manera a disminuir los defectos de soldadura en juntas soldadas y conservando sus propiedades y características.	Conservación de materiales	¿Qué tipos de equipos son capaces de conservar materiales dentro de rangos de temperatura especificados?	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Hornos eléctricos</li> <li>▪ Secadores a gas.</li> <li>▪ Ventilador</li> </ul>	Observación
	-Electrodo revestido	¿Qué tipo de electrodo es el más susceptible a absorber mayor humedad?	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Celulósicos</li> <li>▪ Rutílico</li> <li>▪ Básicos</li> <li>▪ Especiales</li> </ul>	Observación
			¿Qué defectos de soldadura son los más frecuentes en carrocerías IMCE?	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Falta de penetración</li> <li>• Mordedura</li> <li>• Poros</li> <li>• Socavado</li> </ul>

**Fuente:** Realizado por el autor

### **3.6 PLAN DE RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN**

Toda la información será recolectada en un cuaderno de notas, en el cual se registrarán todos los datos tomados de los diferentes ensayos de secado realizados, posteriormente con los datos recolectados se realizarán las tabulaciones respectivas con lo que obtendremos gráficos de humedad vs temperatura a diferentes intervalos de tiempo, gráficos de datos a partir de los cuales podremos determinar y comprobar de esta manera la hipótesis planteada.

La técnica de la observación permite recopilar información principalmente las características de la parte operativa y modelos de hornos que nos ayudarán a la construcción de la parte de operación de este proyecto, los datos recopilados ayudarán a la implementación de mejoras en el mismo.

La técnica de la experimentación permite recolectar toda la información de las pruebas para el funcionamiento del proyecto bajo diferentes parámetros, mediante los cuales se definen los cambios necesarios para lograr el funcionamiento óptimo a fin de que los datos coincidan con los recomendados en las normas AWS.

Hay que tener en cuenta que se someterán a ensayo 10 Kg. de electrodos revestidos, y mediante la muestra obtenida anteriormente se obtendrán datos de los electrodos que se someterán a diferentes temperaturas que seguirán aumentando conforme se ejecuten los diferentes ensayos, teniendo en cuenta que en los mismos siempre se consideren realizarlos según el tipo de revestimiento.

#### **3.6.1 Técnicas e instrumentos**

Para esta investigación se tomarán en consideraciones las siguientes técnicas e instrumentos que se detallan en el recuadro.

**TABLA 3.1 Técnicas e Instrumentos**

<b>TÉCNICA</b>	<b>INSTRUMENTOS</b>
Observación	
Medición	<ul style="list-style-type: none"><li>❖ Balanza digital.</li><li>❖ Sensor digital de temperatura.</li><li>❖ Microscopio.</li></ul>

**Fuente:** Realizado por el autor

### **3.7 PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN**

Durante la observación realizada se determinan los parámetros necesarios e importantes, luego de esto se tomará nota de lo observado y todo lo que se considere necesario; toda la información recolectada se utilizará para la implementación de componentes y materiales a utilizar en el horno.

Por medio de la experimentación se determinan los parámetros necesarios para que el horno pueda disminuir el nivel de humedad de los revestimientos de los electrodos.

Cabe destacar que las técnicas e instrumentos de recolección de información serán aplicados en lugares relacionados al tema de investigación, esto con la finalidad de obtener resultados que aporten a la misma.

## **CAPÍTULO IV**

### **ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS**

#### **4.1 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS**

##### **4.1.1 Metodología de Ensayos**

Se ha considerado principalmente el E7018 del proveedor AGA para objeto de ensayo debido a que en Carrocerías IMCE, es el utilizado en el soldado de bases que son los elementos estructurales con espesores superiores a 4 mm. que soportan la carga de la carrocería de manera directa. Ya que estos elementos son considerados los más importantes y de los cuales depende cuan segura se encuentre soportada la carrocería, por lo que es de vital importancia realizar un estudio en el que se reduzcan los niveles de humedad que presenten los electrodos al momento de realizar una junta soldada y realizar un análisis de microestructura a fin de determinar la incidencia de la humedad en la junta soldada.

Adicionalmente se consideran para efecto de estudio los E6013 y E6011, también utilizados en la empresa, ya que estos electrodos se ven vinculados en la norma AWS A5.1-81 como parte de la clasificación como rutílicos y celulósicos respectivamente.

Para el análisis de resultados se debe tener en cuenta que considerando la tabla del *Anexo 7*, como ejemplo, se indica que para el caso de electrodos B-10 o conocido como E7018, según proveedor AGA, el número de electrodos de diámetro 1/8" por Kilogramo es de 29, esto en el caso ideal, con lo que dado por este indicador, se puede determinar el peso en gramos aproximado que debería tener cada

electrodo y por ende nos ayuda en gran medida a determinar el porcentaje de humedad ideal recomendado por la norma AWS A5.1-81, según este proveedor.

Con lo que realizando la relación anteriormente mencionada se obtiene un valor por electrodo 7018 incluyendo su revestimiento de 34.4827 gramos, peso que de manera ideal, sería al que por medio de los ensayos se debería aproximar para obtener el nivel de humedad recomendado por la norma.

A continuación se presentan los resultados obtenidos durante las pruebas de funcionamiento del horno tipo mufla para conservar electrodos revestidos, realizándose 2 ensayos para determinar niveles de humedad, los primeros considerando el caso extremo en el que el electrodo haya absorbido casi la totalidad de humedad en su revestimiento y el segundo en el que se deja reposar fuera de la funda a los electrodos a la intemperie. Adicionalmente se involucra realizar un ensayo de conservación a fin de determinar el tiempo necesario de secado, ya que la norma solamente indica los rangos de temperatura.

#### **4.1.2 Ensayos de determinación de niveles de humedad**

A continuación se detallan la secuencia de instrucciones de manera general a seguir a fin de determinar las curvas de humedad y tiempo a determinada temperatura.

Se procede a pesar los electrodos, recién sacados de la funda, cabe recalcar que esto se lo realizó de forma aleatoria y de 2 fundas diferentes para cada uno de los revestimientos, teniendo en consideración que la muestra solicitada para este fin es de 165 ejemplares, para cada uno de los tipos de revestimientos, para este caso se ha tomado electrodos de tipo celulósico E6011, rufílico E6013 y de bajo hidrógeno E7018.

Posteriormente se involucró realizar dos tipos de ensayos para determinación de niveles de humedad; el primero se lo realizó al humedecer intencionalmente los

revestimientos de los electrodos, esto con el fin primordial de simular una condición extrema de humedad, y el segundo ensayo consistió en dejar a la intemperie durante un tiempo considerable a los electrodos a fin de que la humedad del ambiente penetre en el revestimiento de los mismos y así con lo que en ambos casos se pueda determinar el exceso de humedad absorbida y por consecuencia recuperarlos al valor de humedad recomendado por la norma.

Luego a esto se volvió a pesar y por diferencias de pesos, se determina el porcentaje de humedad inicial, mediante la expresión matemática siguiente:

$$\% H = \frac{A - B}{A} \times 100\% \quad (4.1)$$

Donde:

H = Porcentaje de Humedad; [adimensional]

A = Peso del electrodo húmedo; [Kg]

B = Peso del electrodo seco; [Kg]

#### **4.1.2.1 Determinación de humedad caso extremo recuperación del revestimiento**

##### **a) Toma de datos con electrodo de Bajo Hidrógeno (AGA E7018)**

Para este caso se procedió a humedecer los revestimientos de los electrodos, en un tiempo estimado de alrededor de 5 minutos a fin de simular la situación de humedad más extrema que pueden sufrir este tipo de electrodos.

Luego de mantenerlos en el agua durante el tiempo antes mencionado se procede a dejarlos al ambiente hasta que dejen de gotear, para luego pesarlos de lo que se obtuvieron los siguientes resultados.



**Figura 4.1** Pesaje en gramos de E7018 humedecido

**Fuente:** Realizado por el autor

**Tabla 4.1** Toma de datos E7018 humedecidos

MUESTRA	PESO (Kg.)	MUESTRA	PESO (Kg.)	MUESTRA	PESO (Kg.)	MUESTRA	PESO (Kg.)
1	0,0379	25	0,0377	49	0,0377	73	0,0379
2	0,0379	26	0,0378	50	0,0377	74	0,0378
3	0,0375	27	0,0378	51	0,0378	75	0,0379
4	0,0378	28	0,0379	52	0,0378	76	0,0378
5	0,0377	29	0,0378	53	0,0376	77	0,0377
6	0,0377	30	0,0376	54	0,0378	78	0,0379
7	0,0378	31	0,0376	55	0,0376	79	0,0377
8	0,038	32	0,0378	56	0,0379	80	0,0379
9	0,0377	33	0,0376	57	0,0376	81	0,0379
10	0,0378	34	0,0377	58	0,0378	82	0,0379
11	0,0377	35	0,0378	59	0,0377	83	0,0377
12	0,0377	36	0,0378	60	0,0378	84	0,0377
13	0,0378	37	0,0379	61	0,0376	85	0,0377
14	0,0377	38	0,0378	62	0,0377	86	0,0378
15	0,0378	39	0,0376	63	0,0378	87	0,0376
16	0,0378	40	0,0376	64	0,0378	88	0,0377
17	0,0377	41	0,0378	65	0,0378	89	0,0378
18	0,0378	42	0,0377	66	0,0377	90	0,0376
19	0,0379	43	0,0378	67	0,0379	91	0,0377
20	0,0376	44	0,0378	68	0,0376	92	0,0378
21	0,0378	45	0,0377	69	0,0377	93	0,0377
22	0,0375	46	0,0378	70	0,0377	94	0,0377
23	0,0378	47	0,0376	71	0,0377	95	0,0375
24	0,0379	48	0,0378	72	0,0377	96	0,0377

**Fuente:** Realizado por el autor



**Tabla 4.1** Toma de datos E7018 humedecidos  
(Continuación)

MUESTRA	PESO (Kg.)	MUESTRA	PESO (Kg.)	MUESTRA	PESO (Kg.)
97	0,0377	121	0,0377	145	0,038
98	0,0378	122	0,0379	146	0,0376
99	0,0378	123	0,038	147	0,0377
100	0,0378	124	0,0378	148	0,0377
101	0,0379	125	0,0378	149	0,038
102	0,0377	126	0,0377	150	0,0377
103	0,0378	127	0,0377	151	0,0377
104	0,0379	128	0,0378	152	0,0377
105	0,0376	129	0,0378	153	0,0378
106	0,0378	130	0,0379	154	0,0378
107	0,0378	131	0,0378	155	0,0376
108	0,0378	132	0,0377	156	0,0379
109	0,0377	133	0,0375	157	0,0378
110	0,0379	134	0,0377	158	0,0377
111	0,0378	135	0,0378	159	0,0378
112	0,0377	136	0,0376	160	0,0379
113	0,0379	137	0,0377	161	0,0378
114	0,0378	138	0,0378	162	0,0378
115	0,0377	139	0,0377	163	0,0379
116	0,0378	140	0,0377	164	0,0378
117	0,0378	141	0,0376	165	0,0379
118	0,0376	142	0,0378	166	0,0377
119	0,0378	143	0,0378	167	0,0377
120	0,0379	144	0,038	168	0,038

**Fuente:** Realizado por el autor



**Figura 4.2** Pesaje de 29 Electrodo 7018 humedecidos

**Fuente:** Realizado por el autor

De los pesajes realizados se obtuvo un valor promedio de *37,8 gramos* por electrodo; ahora realizando el pesaje en conjunto de 29 electrodos húmedos para hacer relación con los que indica el fabricante AGA (*Anexo 7*), se obtuvo un valor de 1095,4 gramos; con lo que se tiene un exceso de 95,4 gramos, lo que implica que al relacionarlo con el valor ideal de pesaje por electrodo 7018, nos da un excedente de 2,76 electrodos, peso que se lo refleja claramente en la humedad absorbida en el caso más extremo ensayado.

Posteriormente por diferencias de pesos, se determina el porcentaje de humedad inicial, mediante la expresión matemática dada por la *ecuación 4.1*.

Para el ensayo de recuperación del revestimiento del electrodo se colocaron las probetas en el horno y se programó al mismo para que las muestras sean extraídas a una temperatura de 50 °C durante un tiempo de 120 minutos, considerando que fueron pesadas a los 10', 20', 45', 60', 90', 100' y 120', es decir el ensayo duró a la temperatura indicada dos horas.

Cabe recalcar que el mismo procedimiento anteriormente mencionado se lo realizó elevando las temperaturas de secado, con lo que se realizaron a los 50 °C, 100 °C, 200 °C, 300 °C y 350 °C, a los tiempos anteriormente mencionados.

**TABLA 4.2** Recolección de pesos de electrodos secados a Temperatura de 50° C

<b>MUESTRA</b>	<b>PESO (Kg.) 10 Min</b>	<b>PESO (Kg.) 30 Min</b>	<b>PESO (Kg.) 45 Min</b>	<b>PESO (Kg.) 60 Min</b>
1	0,0377	0,0375	0,0371	0,0366
2	0,0377	0,0374	0,037	0,0365
3	0,0377	0,0375	0,0369	0,0366
4	0,0377	0,0372	0,0368	0,0364
5	0,0375	0,0375	0,0368	0,0367
6	0,0376	0,0375	0,0369	0,0365
7	0,0377	0,0374	0,0368	0,0366
8	0,0377	0,0372	0,0368	0,0366
9	0,0376	0,0375	0,0371	0,0366
10	0,0376	0,0375	0,0371	0,0365
11	0,0377	0,0375	0,0368	0,0363
12	0,0377	0,0375	0,0369	0,0365
13	0,0377	0,0374	0,0368	0,0363
14	0,0378	0,0375	0,0371	0,0367
15	0,0378	0,0374	0,0371	0,0366
16	0,0377	0,0375	0,0371	0,0366
17	0,0376	0,0375	0,0371	0,0365
18	0,0377	0,0375	0,0368	0,0368
19	0,0376	0,0374	0,0369	0,0368
20	0,0377	0,0375	0,0369	0,0363
21	0,0377	0,0375	0,0371	0,0368
22	0,0377	0,0373	0,0368	0,0366
23	0,0377	0,0372	0,0369	0,0365
24	0,0378	0,0374	0,0368	0,0366
<b>PROMEDIO</b>	<b>0,037683333</b>	<b>0,037429167</b>	<b>0,036933333</b>	<b>0,0365625</b>

**Fuente:** Realizado por el autor

**TABLA 4.2** Recolección de pesos de electrodos secados a Temperatura de 50° C  
(Continuación)

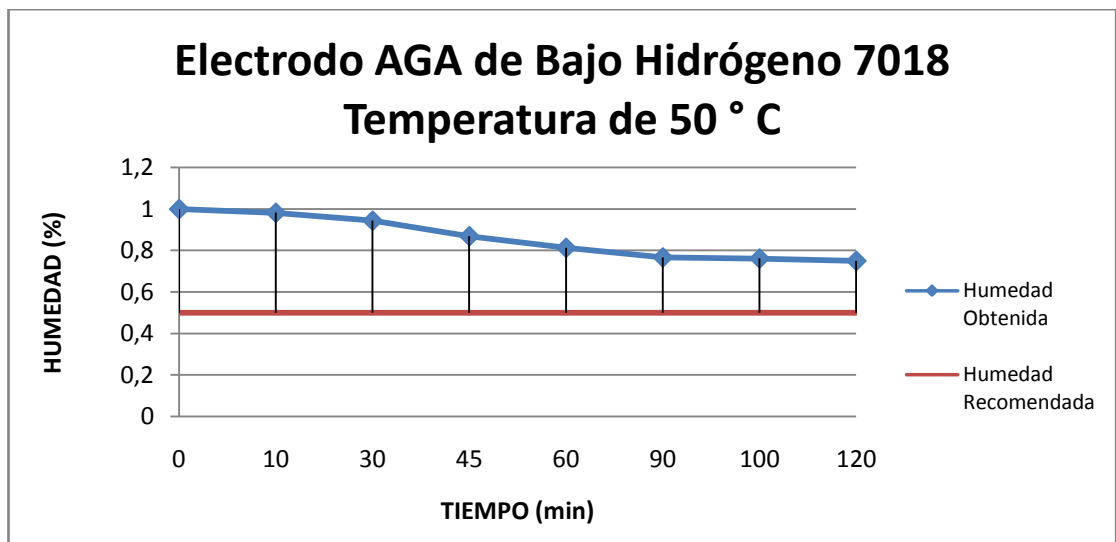
MUESTRA	PESO (Kg.) 90 Min	PESO (Kg.) 100 Min	PESO (Kg.) 120 Min
1	0,0363	0,0363	0,0361
2	0,0364	0,0361	0,0361
3	0,0364	0,0363	0,0362
4	0,0362	0,0362	0,0363
5	0,0362	0,0363	0,0363
6	0,0363	0,0361	0,0361
7	0,0363	0,0363	0,0361
8	0,0361	0,0362	0,0362
9	0,0361	0,0363	0,0361
10	0,0364	0,0363	0,0361
11	0,0364	0,0363	0,0361
12	0,0363	0,0361	0,0361
13	0,0364	0,0362	0,0361
14	0,0363	0,0362	0,0361
15	0,0361	0,0363	0,0362
16	0,0362	0,0363	0,0361
17	0,0363	0,0362	0,0362
18	0,0362	0,0361	0,0362
19	0,0362	0,0362	0,0361
20	0,0362	0,0363	0,036
21	0,0361	0,0363	0,0362
22	0,0364	0,0361	0,0361
23	0,0361	0,0362	0,0363
24	0,0362	0,0361	0,0361
<b>PROMEDIO</b>	<b>0,036254167</b>	<b>0,036220833</b>	<b>0,036145833</b>

**Fuente:** Realizado por el autor

**TABLA 4.3** Tabulación de Humedad Frente a tiempo E7018 Temperatura de 50 °C

HUMEDAD (%)	TIEMPO (min.)	PROMEDIO
1	0	0,037800000
0,9823	10	0,037683333
0,9441	30	0,03742917
0,8694	45	0,036933333
0,8135	60	0,0365625
0,7671	90	0,03625417
0,762	100	0,03622083
0,7507	120	0,03614583

**Fuente:** Realizado por el autor



**Gráfico 4.1** Tendencia tiempo vs humedad E7018 Temperatura de 50° C

**Fuente:** Realizado por el autor

**TABLA 4.4** Recolección de pesos de electrodos secados a Temperatura de 100 °C

<b>MUESTRA</b>	<b>PESO (Kg.) 10 Min</b>	<b>PESO (Kg.) 30 Min</b>	<b>PESO (Kg.) 45 Min</b>	<b>PESO (Kg.) 60 Min</b>
1	0,0375	0,0369	0,0363	0,0362
2	0,0373	0,037	0,0365	0,0362
3	0,0375	0,0365	0,0366	0,0363
4	0,0375	0,0369	0,0365	0,0363
5	0,0375	0,0369	0,0365	0,0362
6	0,0375	0,0365	0,0365	0,0363
7	0,0373	0,037	0,0366	0,0362
8	0,0375	0,0366	0,0366	0,0363
9	0,0375	0,0369	0,0366	0,0363
10	0,0373	0,0365	0,0365	0,0363
11	0,0373	0,0366	0,0363	0,0362
12	0,0373	0,0369	0,0365	0,0363
13	0,0377	0,0366	0,0363	0,0362
14	0,0378	0,0366	0,0367	0,0362
15	0,0378	0,037	0,0366	0,0362
16	0,0375	0,0366	0,0368	0,0362
17	0,0373	0,0369	0,0363	0,0362
18	0,0373	0,0369	0,0368	0,0362
19	0,0373	0,0369	0,0368	0,0365
20	0,0377	0,0366	0,0363	0,0364
21	0,0377	0,0366	0,0368	0,0365
22	0,0373	0,0369	0,0366	0,0364
23	0,0372	0,0366	0,0363	0,0362
24	0,0373	0,0366	0,0366	0,0362
<b>PROMEDIO</b>	<b>0,037454167</b>	<b>0,03675</b>	<b>0,0365375</b>	<b>0,036270833</b>

**Fuente:** Realizado por el autor

**TABLA 4.4** Recolección de pesos de electrodos secados a Temperatura de 100° C

(Continuación)

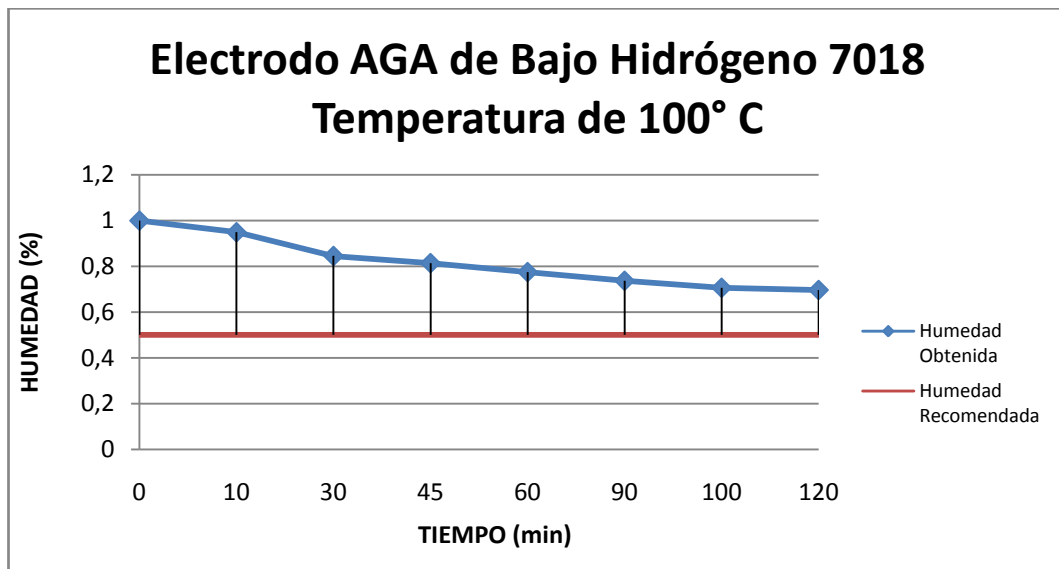
<b>MUESTRA</b>	<b>PESO (Kg.) 90 Min</b>	<b>PESO (Kg.) 100 Min</b>	<b>PESO (Kg.) 120 Min</b>
1	0,036	0,0358	0,0357
2	0,0359	0,0359	0,0358
3	0,0359	0,0357	0,0358
4	0,0359	0,0357	0,0357
5	0,0361	0,0358	0,0358
6	0,036	0,0357	0,0358
7	0,0361	0,0358	0,0357
8	0,036	0,0357	0,0357
9	0,036	0,0358	0,0358
10	0,036	0,0359	0,0358
11	0,0361	0,0359	0,0357
12	0,0359	0,0359	0,0358
13	0,036	0,0358	0,0356
14	0,0359	0,0358	0,0357
15	0,036	0,0358	0,0358
16	0,036	0,0358	0,0357
17	0,0361	0,0359	0,0357
18	0,0361	0,0359	0,0358
19	0,0361	0,0358	0,0357
20	0,036	0,0358	0,0357
21	0,0359	0,0358	0,0358
22	0,0361	0,0357	0,0357
23	0,0361	0,0358	0,0357
24	0,0361	0,0358	0,0357
<b>PROMEDIO</b>	<b>0,0360125</b>	<b>0,035804167</b>	<b>0,0357375</b>

**Fuente:** Realizado por el autor

**TABLA 4.5** Tabulación de Humedad Frente a tiempo E7018 Temperatura de 100 °C

HUMEDAD (%)	TIEMPO (min.)	PROMEDIO
1	0	0,0378
0,9491	10	0,03745417
0,8455	30	0,03675
0,8142	45	0,0365375
0,775	60	0,03627083
0,737	90	0,0360125
0,7064	100	0,03580417
0,6966	120	0,0357375

**Fuente:** Realizado por el autor



**Gráfico 4.2** Tendencia tiempo vs humedad E7018 Temperatura de 100 °C

**Fuente:** Realizado por el autor



**TABLA 4.6** Recolección de pesos de electrodos a Temperatura de 200° C

<b>MUESTRA</b>	<b>PESO (Kg.) 10 Min</b>	<b>PESO (Kg.) 30 Min</b>	<b>PESO (Kg.) 45 Min</b>	<b>PESO (Kg.) 60 Min</b>
1	0,037	0,0364	0,0359	0,0356
2	0,0373	0,0365	0,036	0,0355
3	0,0371	0,0364	0,0358	0,0354
4	0,0371	0,0364	0,0357	0,0354
5	0,0369	0,0364	0,036	0,0354
6	0,0369	0,0364	0,0357	0,0356
7	0,0372	0,0363	0,0357	0,0357
8	0,0372	0,0365	0,0359	0,0355
9	0,0372	0,0363	0,0358	0,0355
10	0,0373	0,0365	0,0359	0,0357
11	0,037	0,0364	0,0359	0,0357
12	0,0366	0,0364	0,0359	0,0357
13	0,0369	0,0363	0,036	0,0355
14	0,0369	0,0365	0,0357	0,0355
15	0,0369	0,0365	0,0359	0,0355
16	0,0373	0,0365	0,036	0,0354
17	0,0371	0,0365	0,036	0,0355
18	0,0372	0,0363	0,036	0,0355
19	0,0369	0,0364	0,036	0,0357
20	0,0369	0,0363	0,0357	0,0357
21	0,0372	0,0363	0,0357	0,0354
22	0,0369	0,0363	0,036	0,0355
23	0,0369	0,0364	0,036	0,0357
24	0,0371	0,0363	0,0357	0,0354
<b>PROMEDIO</b>	<b>0,037041667</b>	<b>0,036395833</b>	<b>0,035870833</b>	<b>0,035541667</b>

**Fuente:** Realizado por el autor

**TABLA 4.6** Recolección de pesos de electrodos a Temperatura de 200 °C  
(Continuación)

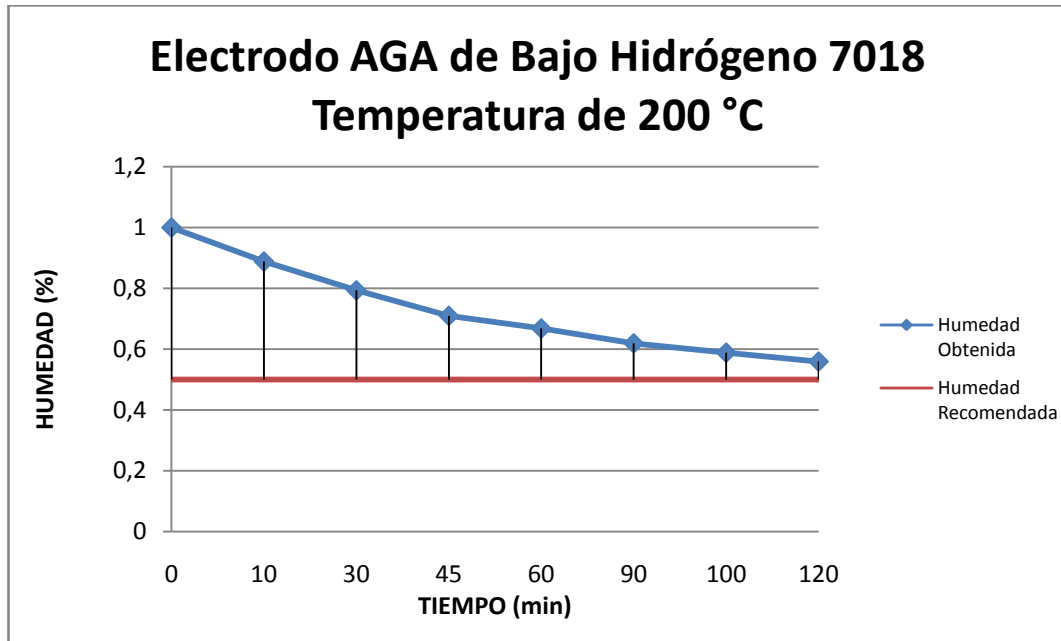
<b>MUESTRA</b>	<b>PESO (Kg.) 90 Min</b>	<b>PESO (Kg.) 100 Min</b>	<b>PESO (Kg.) 120 Min</b>
1	0,0353	0,035	0,0349
2	0,0352	0,0349	0,0349
3	0,0353	0,0351	0,0347
4	0,0354	0,0349	0,0349
5	0,0352	0,035	0,0347
6	0,0351	0,0349	0,0347
7	0,0353	0,035	0,0348
8	0,0352	0,0351	0,0349
9	0,0351	0,0351	0,0349
10	0,0352	0,035	0,0346
11	0,0351	0,035	0,0348
12	0,0354	0,0351	0,0347
13	0,0354	0,035	0,0346
14	0,0352	0,035	0,0349
15	0,0351	0,035	0,0349
16	0,0352	0,035	0,0348
17	0,0351	0,035	0,0346
18	0,0352	0,0351	0,0348
19	0,0351	0,035	0,0348
20	0,0353	0,0351	0,0349
21	0,035	0,035	0,0348
22	0,0352	0,0349	0,0349
23	0,0351	0,035	0,0349
24	0,0353	0,0349	0,0348
<b>PROMEDIO</b>	<b>0,035208333</b>	<b>0,035004167</b>	<b>0,0348</b>

**Fuente:** Realizado por el autor

**TABLA 4.7** Tabulación de Humedad Frente a tiempo E7018 Temperatura de 200 °C

HUMEDAD (%)	TIEMPO (min.)	PROMEDIO
1	0	0,037800000
0,8883	10	0,03704167
0,7933	30	0,03639583
0,70933	45	0,03587083
0,6678	60	0,03554167
0,6188	90	0,03520833
0,58823	100	0,03500417
0,5588	120	0,0348

**Fuente:** Realizado por el autor



**Gráfico 4.3** Tendencia tiempo vs humedad E7018 Temperatura de 200° C

**Fuente:** Realizado por el autor

**TABLA 4.8** Recolección de pesos de electrodos a Temperatura de 300° C

<b>MUESTRA</b>	<b>PESO (Kg.) 10 Min</b>	<b>PESO (Kg.) 30 Min</b>	<b>PESO (Kg.) 45 Min</b>	<b>PESO (Kg.) 60 Min</b>
1	0,0365	0,0363	0,0359	0,0355
2	0,0367	0,0362	0,036	0,0354
3	0,0365	0,0361	0,0358	0,0355
4	0,0367	0,0361	0,0357	0,0354
5	0,0367	0,036	0,0357	0,0355
6	0,0367	0,0361	0,0357	0,0355
7	0,0367	0,036	0,0358	0,0354
8	0,0367	0,036	0,0358	0,0354
9	0,0365	0,036	0,0356	0,0354
10	0,0367	0,0361	0,0358	0,0355
11	0,0365	0,0361	0,0356	0,0354
12	0,0367	0,0361	0,0356	0,0355
13	0,0365	0,036	0,0359	0,0355
14	0,0367	0,036	0,0359	0,0354
15	0,0367	0,0363	0,0358	0,0354
16	0,0367	0,0363	0,0358	0,0354
17	0,0367	0,036	0,0357	0,0354
18	0,0365	0,036	0,0358	0,0355
19	0,0365	0,0361	0,0356	0,0354
20	0,0365	0,0363	0,0356	0,0354
21	0,0367	0,0363	0,0357	0,0355
22	0,0367	0,0361	0,0357	0,0354
23	0,0366	0,0363	0,0357	0,0355
24	0,0367	0,036	0,0357	0,0354
<b>PROMEDIO</b>	<b>0,036629167</b>	<b>0,036116667</b>	<b>0,035745833</b>	<b>0,035441667</b>

**Fuente:** Realizado por el autor

**TABLA 4.8** Recolección de pesos de electrodos a Temperatura de 300° C

(Continuación)

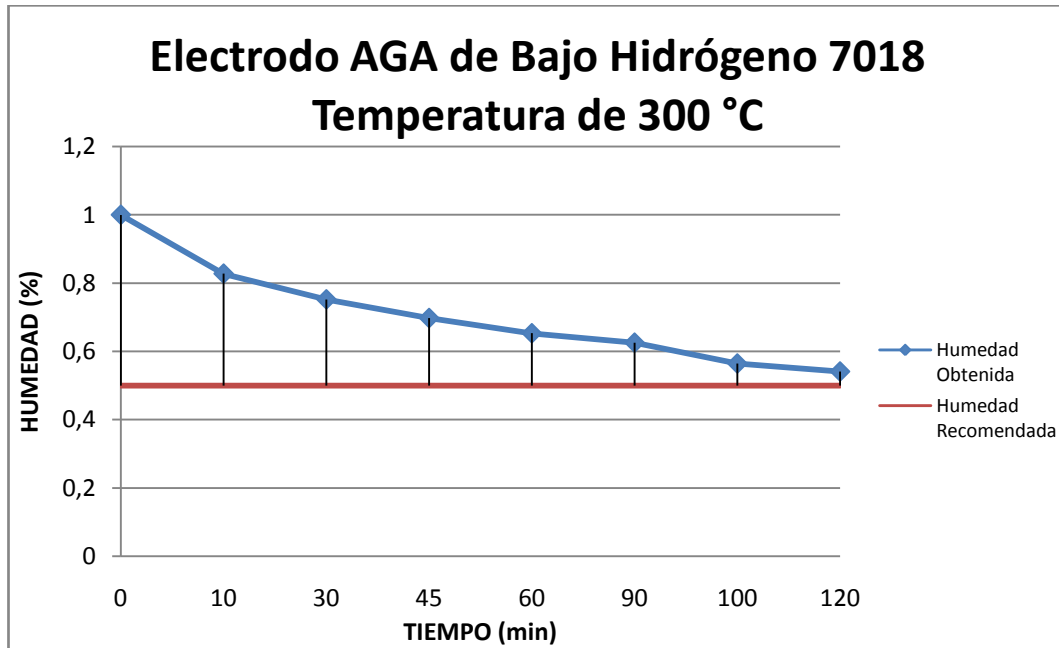
<b>MUESTRA</b>	<b>PESO (Kg.) 90 Min</b>	<b>PESO (Kg.) 100 Min</b>	<b>PESO (Kg.) 120 Min</b>
1	0,0351	0,035	0,0347
2	0,0353	0,0349	0,0347
3	0,0353	0,0348	0,0348
4	0,0354	0,0348	0,0346
5	0,0352	0,0348	0,0346
6	0,0353	0,0347	0,0346
7	0,0352	0,0349	0,0346
8	0,0352	0,0348	0,0348
9	0,0352	0,0349	0,0348
10	0,0352	0,0349	0,0347
11	0,0351	0,0347	0,0348
12	0,0353	0,0347	0,0347
13	0,0353	0,0349	0,0346
14	0,0353	0,0347	0,0347
15	0,0353	0,035	0,0346
16	0,0352	0,0348	0,0346
17	0,0353	0,0348	0,0345
18	0,0354	0,0348	0,0347
19	0,0353	0,0347	0,0348
20	0,0352	0,035	0,0348
21	0,0352	0,0348	0,0346
22	0,0353	0,035	0,0346
23	0,0352	0,0348	0,0348
24	0,0353	0,0349	0,0346
<b>PROMEDIO</b>	<b>0,035254167</b>	<b>0,0348375</b>	<b>0,034679167</b>

**Fuente:** Realizado por el autor

**TABLA 4.9** Tabulación de Humedad Frente a tiempo E7018 Temperatura de 300 °C

HUMEDAD (%)	TIEMPO (min.)	PROMEDIO
1	0	0,0378
0,8277	10	0,03662917
0,7523	30	0,03611667
0,7161	45	0,03587083
0,6531	60	0,03544167
0,6255	90	0,03525417
0,5644	100	0,0348375
0,541	120	0,03467917

**Fuente:** Realizado por el autor



**Gráfico 4.4** Tendencia tiempo vs humedad E7018 Temperatura de 300 °C

**Fuente:** Realizado por el autor

**TABLA 4.10** Recolección de pesos de electrodos a Temperatura de 350° C

MUESTRA	PESO (Kg.) 10 Min	PESO (Kg.) 30 Min	PESO (Kg.) 45 Min	PESO (Kg.) 60 Min
1	0,0364	0,036	0,0355	0,0353
2	0,0365	0,0357	0,0356	0,0353
3	0,0363	0,0358	0,0356	0,0353
4	0,0362	0,0358	0,0356	0,0352
5	0,0362	0,0359	0,0356	0,0352
6	0,0362	0,0357	0,0356	0,0352
7	0,0365	0,0359	0,0356	0,0353
8	0,0365	0,0359	0,0355	0,0352
9	0,0365	0,0358	0,0356	0,0353
10	0,0365	0,0359	0,0355	0,0352
11	0,0363	0,0358	0,0356	0,0352
12	0,0363	0,0359	0,0355	0,0352
13	0,0365	0,0357	0,0355	0,0352
14	0,0363	0,0359	0,0356	0,0351
15	0,0365	0,0358	0,0355	0,0353
16	0,0364	0,0359	0,0355	0,0351
17	0,0362	0,0358	0,0356	0,0351
18	0,0363	0,0358	0,0356	0,0353
19	0,0364	0,0357	0,0356	0,0352
20	0,0362	0,0358	0,0356	0,0353
21	0,0365	0,0358	0,0354	0,0351
22	0,0364	0,0357	0,0355	0,0351
23	0,0364	0,0358	0,0355	0,0351
24	0,0365	0,0357	0,0355	0,0351
<b>PROMEDIO</b>	0,036375	0,0358125	0,03555	0,035204167

**Fuente:** Realizado por el autor

**TABLA 4.10** Recolección de pesos de electrodos a Temperatura de 350° C

(Continuación)

<b>MUESTRA</b>	<b>PESO (Kg.) 90 Min</b>	<b>PESO (Kg.) 100 Min</b>	<b>PESO (Kg.) 120 Min</b>
1	0,035	0,0348	0,0345
2	0,0349	0,0346	0,0345
3	0,0351	0,0347	0,0343
4	0,0349	0,0345	0,0344
5	0,0349	0,0347	0,0345
6	0,0351	0,0346	0,0345
7	0,0349	0,0348	0,0344
8	0,0351	0,0345	0,0345
9	0,035	0,0346	0,0344
10	0,035	0,0347	0,0344
11	0,035	0,0347	0,0345
12	0,035	0,0348	0,0344
13	0,0349	0,0347	0,0345
14	0,0351	0,0345	0,0344
15	0,035	0,0346	0,0345
16	0,0349	0,0347	0,0345
17	0,0351	0,0347	0,0345
18	0,0349	0,0348	0,0345
19	0,0351	0,0345	0,0345
20	0,035	0,0347	0,0344
21	0,0349	0,0347	0,0344
22	0,0351	0,0348	0,0343
23	0,035	0,0346	0,0345
24	0,035	0,0347	0,0342
<b>PROMEDIO</b>	<b>0,034995833</b>	<b>0,034666667</b>	<b>0,0344375</b>

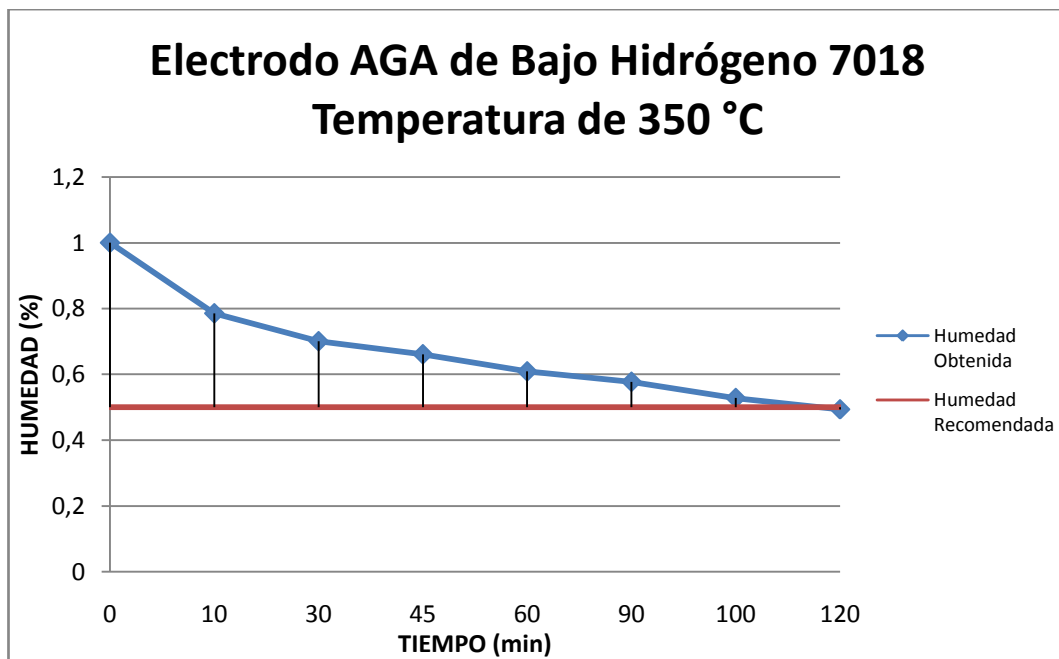
**Fuente:** Realizado por el autor



**TABLA 4.11** Tabulación de Humedad Frente a tiempo E7018 Temperatura de 350 °C

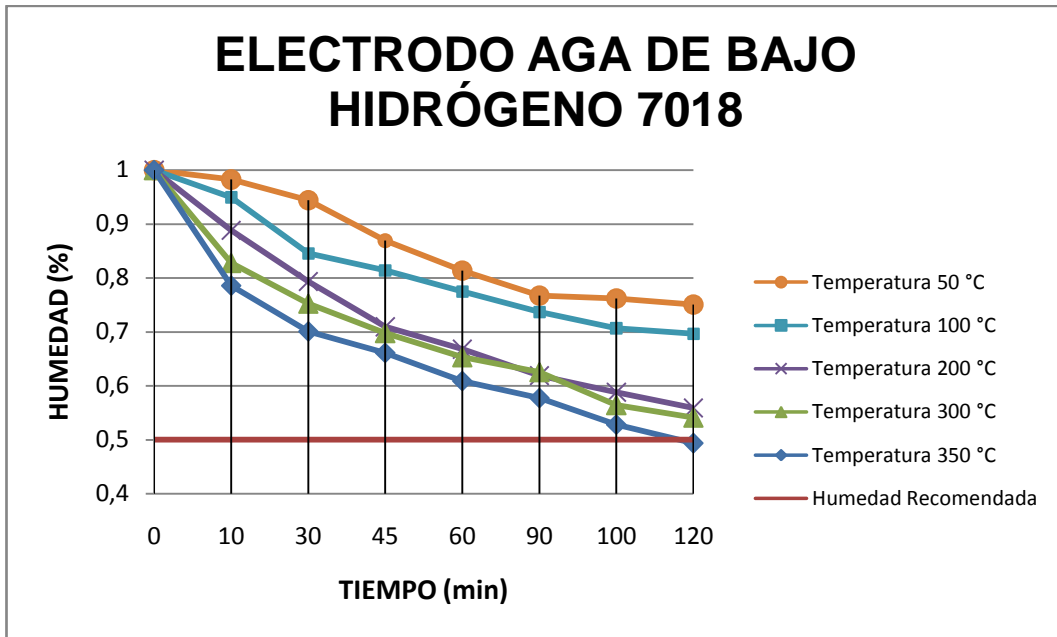
HUMEDAD (%)	TIEMPO (min.)	PROMEDIO
1	0	0,0378
0,7855	10	0,036375
0,7006	30	0,0358125
0,6611	45	0,03555
0,609	60	0,03520417
0,5775	90	0,03499583
0,528	100	0,03466667
0,5135	120	0,0344375

**Fuente:** Realizado por el autor



**Gráfico 4.5** Tendencia tiempo vs humedad E7018 Temperatura de 350 °C

**Fuente:** Realizado por el autor



**Gráfico 4.6** Tendencia tiempo vs humedad E7018

**Fuente:** Realizado por el autor

### Conclusión

De los gráficos obtenidos se puede deducir que conforme se va aumentando la temperatura el contenido de humedad relativa se va reduciendo hasta los valores indicados por la norma AWS.

Adicionalmente se puede observar que en el intervalo de 120 minutos a una temperatura de 350 °C, el valor de la humedad relativa es de 0,51 %, que se acerca bastante al contenido permisible por la norma AWS A5.1-81

### b) Toma de datos con electrodo tipo Rútílico (AGA E6013)

Se procedió de manera similar que en el anterior caso humedeciendo los revestimientos de los electrodos durante un tiempo de en un tiempo 10 minutos a fin de simular la situación de humedad más extrema que pueden sufrir este tipo de electrodos, para posteriormente dejarlos al ambiente hasta que dejen de gotear, para luego pesarlos con lo que se obtuvieron los resultados siguientes.

**Tabla 4.12** Toma de datos E6013 Humedecido

MUESTRA	Peso (Kg.)	MUESTRA	Peso (Kg.)	MUESTRA	Peso (Kg.)	MUESTRA	Peso (Kg.)
1	0,0314	25	0,0314	49	0,0312	73	0,0314
2	0,0313	26	0,0314	50	0,0312	74	0,0315
3	0,0314	27	0,0315	51	0,0312	75	0,0314
4	0,0311	28	0,0315	52	0,0312	76	0,0314
5	0,0314	29	0,0315	53	0,0312	77	0,0315
6	0,0311	30	0,0314	54	0,0312	78	0,0314
7	0,0313	31	0,0315	55	0,0315	79	0,0315
8	0,0313	32	0,0312	56	0,0315	80	0,0315
9	0,0312	33	0,0315	57	0,0312	81	0,0312
10	0,0315	34	0,0315	58	0,0312	82	0,0312
11	0,0315	35	0,0312	59	0,0315	83	0,0315
12	0,0313	36	0,0312	60	0,0312	84	0,0313
13	0,0314	37	0,0313	61	0,0312	85	0,0312
14	0,0315	38	0,0315	62	0,0314	86	0,0313
15	0,0313	39	0,0312	63	0,0312	87	0,0312
16	0,0314	40	0,0315	64	0,0315	88	0,0315
17	0,0312	41	0,0315	65	0,0315	89	0,0315
18	0,0312	42	0,0314	66	0,0314	90	0,0314
19	0,0313	43	0,0313	67	0,0314	91	0,0314
20	0,0314	44	0,0315	68	0,0314	92	0,0315
21	0,0315	45	0,0313	69	0,0315	93	0,0315
22	0,0313	46	0,0313	70	0,0314	94	0,0313
23	0,0314	47	0,0314	71	0,0315	95	0,0315
24	0,0315	48	0,0312	72	0,0314	96	0,0314

**Fuente:** Realizado por el autor

**Tabla 4.12** Toma de datos E6013 Humedecido  
(Continuación)

MUESTRA	Peso (Kg.)	MUESTRA	Peso (Kg.)	MUESTRA	Peso (Kg.)
97	0,0313	121	0,0313	145	0,0313
98	0,0313	122	0,0313	146	0,0314
99	0,0312	123	0,0314	147	0,0314
100	0,0314	124	0,0314	148	0,0315
101	0,0312	125	0,0312	149	0,0312
102	0,0315	126	0,0314	150	0,0314
103	0,0315	127	0,0315	151	0,0315
104	0,0314	128	0,0314	152	0,0315
105	0,0314	129	0,0312	153	0,0312
106	0,0314	130	0,0314	154	0,0314
107	0,0315	131	0,0315	155	0,0312
108	0,0314	132	0,0314	156	0,0314
109	0,0312	133	0,0314	157	0,0312
110	0,0314	134	0,0312	158	0,0314
111	0,0314	135	0,0312	159	0,0313
112	0,0314	136	0,0312	160	0,0314
113	0,0312	137	0,0312	161	0,0315
114	0,0315	138	0,0315	162	0,0314
115	0,0314	139	0,0313	163	0,0315
116	0,0314	140	0,0312	164	0,0314
117	0,0312	141	0,0312	165	0,0315
118	0,0312	142	0,0315	166	0,0314
119	0,0313	143	0,0312	167	0,0314
120	0,0314	144	0,0314	168	0,0314

**Fuente:** Realizado por el autor



**Figura 4.3** Pesaje en gramos de E6013 humedecido

**Fuente:** Realizado por el autor



**Figura 4.4** Pesaje de 33 Electrodos 6013 humedecidos

**Fuente:** Realizado por el autor

Al promediar los datos resultantes se obtuvo una media de 31,4 gramos por peso del electrodo humedecido, de los cuales al realizar la relación que el proveedor AGA indica en el *Anexo 7*, haciendo referencia se somete a pesar 33 electrodos 6013 para determinar el exceso de peso en relación al peso ideal que indica el proveedor, obteniéndose un valor de 1035 gramos; con lo que se tiene un exceso de 35 gramos a lo que haciendo relación con el valor ideal tenemos un excedente de 1,15 electrodos, que es el valor que se refleja en humedad retenida en este caso.

Posteriormente por diferencias de pesos, se determina el porcentaje de humedad inicial, mediante la aplicación de la **ecuación 4.1**:

Cabe recalcar que para este ensayo de recuperación del revestimiento del electrodo se colocaron las probetas en el horno y se programó al mismo para que las muestras sean extraídas a una temperatura de 30 °C durante un tiempo de 1 hora, considerando que fueron pesadas a los 5', 10', 20', 30', 40', 50' y 60', es decir el ensayo duró a la temperatura indicada 1 hora.

Cabe recalcar que el mismo procedimiento anteriormente mencionado se lo realizó elevando las temperaturas de secado, con lo que se realizaron a los 30 °C, 45 °C, 60 °C, 100 °C y 150 °C, con los tiempos anteriormente mencionados.

**TABLA 4.13** Recolección de pesos de electrodos a Temperatura de 30 °C

<b>MUESTRA</b>	<b>PESO (Kg.) 5 Min</b>	<b>PESO (Kg.) 10 Min</b>	<b>PESO (Kg.) 20 Min</b>	<b>PESO (Kg.) 30 Min</b>
1	0,0314	0,0313	0,0312	0,0311
2	0,0314	0,0312	0,0312	0,031
3	0,0313	0,0313	0,0312	0,0311
4	0,0314	0,0313	0,0312	0,031
5	0,0314	0,0313	0,0312	0,0311
6	0,0314	0,0313	0,0312	0,031
7	0,0314	0,0313	0,0312	0,031
8	0,0313	0,0313	0,0312	0,031
9	0,0313	0,0313	0,0312	0,0311
10	0,0313	0,0313	0,0311	0,031
11	0,0314	0,0312	0,0312	0,031
12	0,0313	0,0313	0,0311	0,0311
13	0,0313	0,0312	0,0312	0,031
14	0,0313	0,0313	0,0311	0,031
15	0,0313	0,0312	0,0312	0,0311
16	0,0314	0,0313	0,0311	0,031
17	0,0313	0,0312	0,0311	0,031
18	0,0313	0,0313	0,0312	0,0311
19	0,0313	0,0313	0,0312	0,031
20	0,0314	0,0312	0,0311	0,031
21	0,0313	0,0313	0,0312	0,0311
22	0,0313	0,0312	0,0311	0,0311
23	0,0314	0,0313	0,0312	0,0311
24	0,0313	0,0313	0,0312	0,0311
<b>PROMEDIO</b>	<b>0,031341667</b>	<b>0,031270833</b>	<b>0,031170833</b>	<b>0,031045833</b>

**Fuente:** Realizado por el autor

**TABLA 4.13** Recolección de pesos de electrodos a Temperatura de 30 °C

(Continuación)

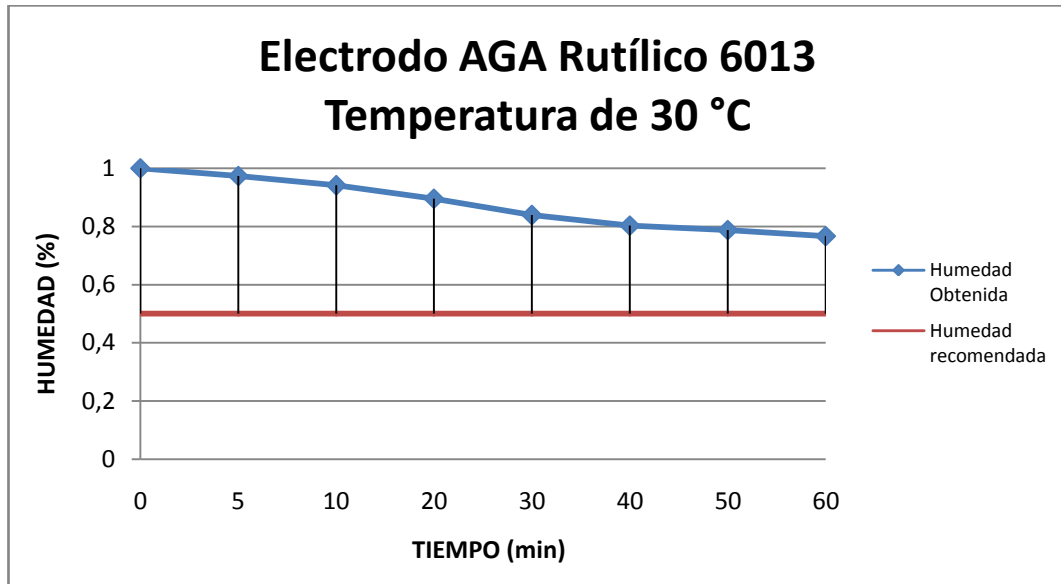
<b>MUESTRA</b>	<b>PESO (Kg.) 40 Min</b>	<b>PESO (Kg.) 50 Min</b>	<b>PESO (Kg.) 60 Min</b>
1	0,031	0,031	0,0308
2	0,0309	0,0308	0,0309
3	0,031	0,0309	0,031
4	0,031	0,0309	0,0308
5	0,0311	0,0309	0,0309
6	0,0309	0,031	0,0309
7	0,031	0,0309	0,0309
8	0,0309	0,0309	0,0308
9	0,031	0,031	0,0309
10	0,0309	0,0309	0,0309
11	0,031	0,031	0,0308
12	0,031	0,0309	0,0309
13	0,031	0,0308	0,031
14	0,031	0,0309	0,0308
15	0,0309	0,031	0,0309
16	0,0309	0,031	0,0309
17	0,031	0,0308	0,0308
18	0,031	0,031	0,0308
19	0,0309	0,0309	0,0309
20	0,031	0,031	0,0309
21	0,031	0,031	0,031
22	0,0309	0,0309	0,0309
23	0,031	0,031	0,031
24	0,0309	0,031	0,0309
<b>PROMEDIO</b>	<b>0,03096667</b>	<b>0,03093333</b>	<b>0,0308875</b>

**Fuente:** Realizado por el autor

**TABLA 4.14** Tabulación de Humedad Frente a tiempo E6013 Temperatura de 30 °C

HUMEDAD (%)	TIEMPO (min.)	PROMEDIO
1	0	0,0314
0,97318	5	0,03134167
0,9409	10	0,03127083
0,89545	20	0,03117083
0,83863	30	0,03104583
0,80272	40	0,03096667
0,78772	50	0,03093333
0,76681	60	0,0308875

**Fuente:** Realizado por el autor



**Gráfico 4.7** Tendencia tiempo vs humedad E6013 Temperatura de 30 °C

**Fuente:** Realizado por el autor



**TABLA 4.15** Recolección de pesos de electrodos a Temperatura de 45 °C

MUESTRA	PESO (Kg.) 5 Min	PESO (Kg.) 10 Min	PESO (Kg.) 20 Min	PESO (Kg.) 30 Min
1	0,0313	0,0313	0,0311	0,0311
2	0,0313	0,0312	0,0311	0,0311
3	0,0312	0,0312	0,0312	0,031
4	0,0313	0,0313	0,0311	0,0311
5	0,0312	0,0312	0,0311	0,031
6	0,0312	0,0312	0,0312	0,0311
7	0,0312	0,0312	0,0312	0,0311
8	0,0313	0,0312	0,0312	0,0311
9	0,0313	0,0313	0,0312	0,0311
10	0,0312	0,0312	0,0312	0,031
11	0,0312	0,0312	0,0312	0,0309
12	0,0312	0,0313	0,0311	0,0311
13	0,0312	0,0313	0,0312	0,0311
14	0,0313	0,0312	0,0311	0,0309
15	0,0313	0,0313	0,0312	0,0311
16	0,0313	0,0313	0,0311	0,0309
17	0,0313	0,0313	0,0312	0,0311
18	0,0313	0,0312	0,0311	0,0311
19	0,0313	0,0312	0,0312	0,0311
20	0,0312	0,0312	0,0312	0,0309
21	0,0313	0,0312	0,0311	0,031
22	0,0313	0,0313	0,0312	0,0311
23	0,0313	0,0312	0,0312	0,031
24	0,0312	0,0312	0,0312	0,031
<b>PROMEDIO</b>	<b>0,031258333</b>	<b>0,0312375</b>	<b>0,0311625</b>	<b>0,031041667</b>

**Fuente:** Realizado por el autor

**TABLA 4.15** Recolección de pesos de electrodos a Temperatura de 45 °C  
(Continuación)

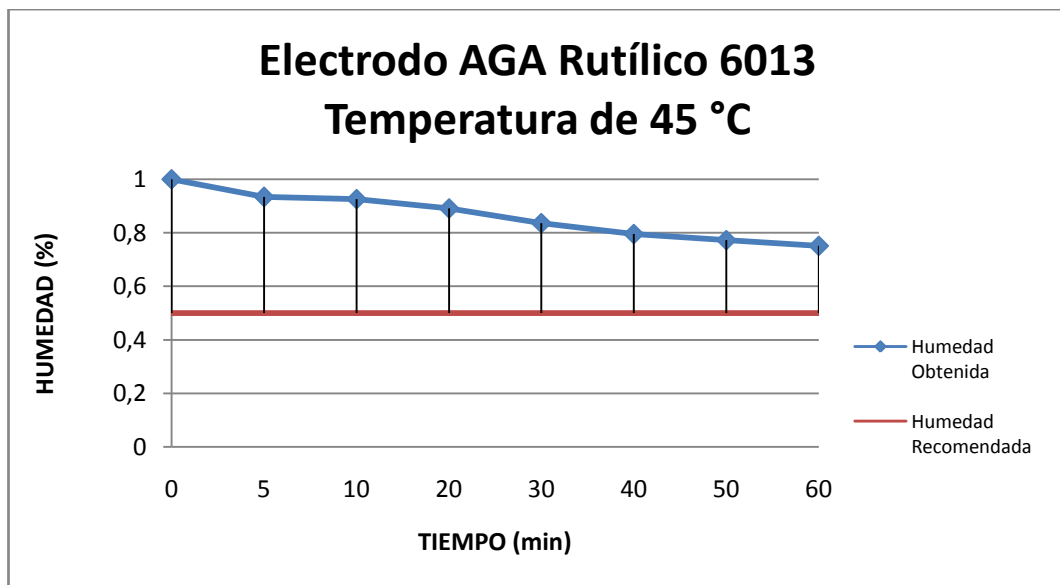
<b>MUESTRA</b>	<b>PESO (Kg.) 40 Min</b>	<b>PESO (Kg.) 50 Min</b>	<b>PESO (Kg.) 60 Min</b>
1	0,0309	0,0309	0,0309
2	0,031	0,0308	0,0309
3	0,0309	0,031	0,0309
4	0,0309	0,0308	0,0308
5	0,031	0,0308	0,0307
6	0,0309	0,0309	0,0309
7	0,031	0,0309	0,0309
8	0,031	0,031	0,0308
9	0,0309	0,0309	0,0309
10	0,0309	0,0309	0,0309
11	0,0309	0,0309	0,0309
12	0,031	0,0309	0,0308
13	0,0309	0,0309	0,0308
14	0,031	0,0309	0,0309
15	0,0309	0,0309	0,0308
16	0,0309	0,031	0,0309
17	0,031	0,031	0,0308
18	0,031	0,0308	0,0309
19	0,031	0,0309	0,0308
20	0,031	0,0309	0,0308
21	0,031	0,0309	0,0309
22	0,0309	0,0309	0,0308
23	0,0309	0,031	0,0309
24	0,031	0,0308	0,0309
<b>PROMEDIO</b>	<b>0,03095</b>	<b>0,0309</b>	<b>0,030854167</b>

**Fuente:** Realizado por el autor

**TABLA 4.16** Tabulación de Humedad Frente a tiempo E6013 Temperatura de 45 °C

HUMEDAD (%)	TIEMPO (min.)	PROMEDIO
1	0	0,0314
0,93409	5	0,03125833
0,9259	10	0,0312375
0,89181	20	0,0311625
0,83681	30	0,03104167
0,79545	40	0,03095
0,77272	50	0,0309
0,75182	60	0,03085417

**Fuente:** Realizado por el autor



**Gráfico 4.8** Tendencia tiempo vs humedad E6013 Temperatura de 45 °C

**Fuente:** Realizado por el autor

**TABLA 4.17** Recolección de pesos de electrodos a Temperatura de 60 °C

<b>MUESTRA</b>	<b>PESO (Kg.) 5 Min</b>	<b>PESO (Kg.) 10 Min</b>	<b>PESO (Kg.) 20 Min</b>	<b>PESO (Kg.) 30 Min</b>
1	0,0312	0,0311	0,0308	0,0309
2	0,0311	0,0311	0,0309	0,0308
3	0,0312	0,031	0,0308	0,0308
4	0,0311	0,0311	0,0309	0,0309
5	0,0312	0,0311	0,031	0,0308
6	0,0311	0,0309	0,0309	0,0309
7	0,0312	0,031	0,031	0,0309
8	0,0311	0,031	0,0309	0,0309
9	0,0311	0,031	0,0308	0,0309
10	0,0311	0,031	0,0309	0,031
11	0,0311	0,031	0,031	0,0309
12	0,0312	0,031	0,0309	0,0309
13	0,0312	0,0311	0,0309	0,0309
14	0,0312	0,0309	0,0309	0,031
15	0,0312	0,031	0,0309	0,0308
16	0,0311	0,031	0,0309	0,0308
17	0,0311	0,031	0,0309	0,0309
18	0,0311	0,031	0,0309	0,0308
19	0,0311	0,031	0,031	0,0308
20	0,0311	0,031	0,031	0,031
21	0,0312	0,031	0,031	0,0308
22	0,0311	0,031	0,031	0,0308
23	0,0311	0,031	0,031	0,0308
24	0,0311	0,031	0,031	0,0308
<b>PROMEDIO</b>	<b>0,0311375</b>	<b>0,0310125</b>	<b>0,030925</b>	<b>0,03086667</b>

**Fuente:** Realizado por el autor

**TABLA 4.17** Recolección de pesos de electrodos a Temperatura de 60 °C  
(Continuación)

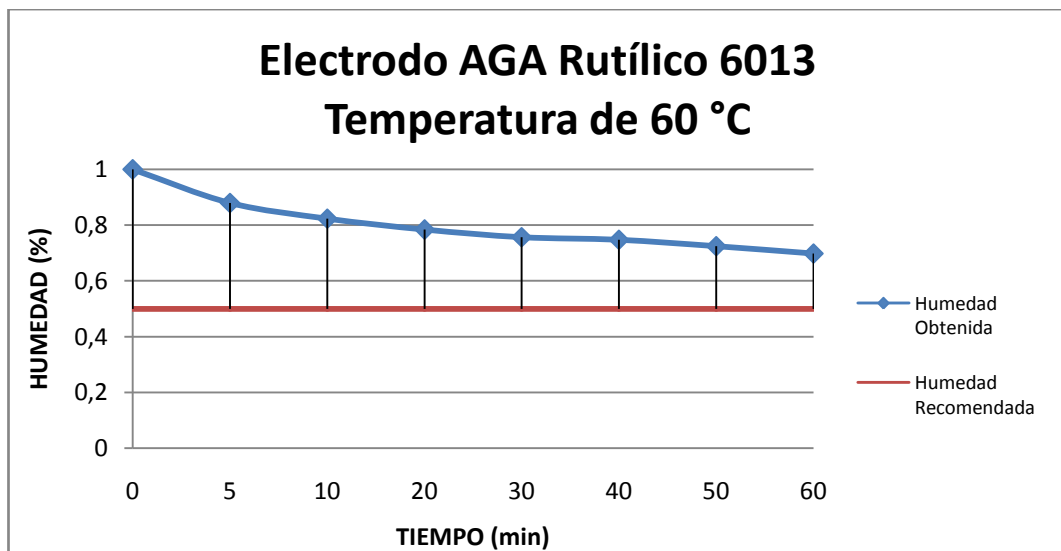
<b>MUESTRA</b>	<b>PESO (Kg.) 40 Min</b>	<b>PESO (Kg.) 50 Min</b>	<b>PESO (Kg.) 60 Min</b>
1	0,0308	0,0308	0,0307
2	0,0309	0,0308	0,0308
3	0,0307	0,0307	0,0307
4	0,0308	0,0308	0,0308
5	0,0308	0,0308	0,0306
6	0,0309	0,0309	0,0308
7	0,0309	0,0308	0,0307
8	0,0308	0,0308	0,0307
9	0,0309	0,0308	0,0307
10	0,0309	0,0309	0,0308
11	0,0308	0,0307	0,0307
12	0,0309	0,0308	0,0307
13	0,031	0,0308	0,0306
14	0,0307	0,0307	0,0308
15	0,0308	0,0308	0,0307
16	0,0309	0,0307	0,0308
17	0,0308	0,0309	0,0307
18	0,0308	0,0308	0,0308
19	0,0309	0,0307	0,0308
20	0,0308	0,0309	0,0307
21	0,0309	0,0307	0,0308
22	0,0309	0,0308	0,0307
23	0,0309	0,0308	0,0308
24	0,0308	0,0309	0,0308
<b>PROMEDIO</b>	<b>0,030845833</b>	<b>0,030795833</b>	<b>0,0307375</b>

**Fuente:** Realizado por el autor

**TABLA 4.18** Tabulación de Humedad Frente a tiempo E6013 Temperatura de 60 °C

HUMEDAD (%)	TIEMPO (min.)	PROMEDIO
1	0	0,0314
0,88045	5	0,0311375
0,82363	10	0,0310125
0,78409	20	0,030925
0,75727	30	0,03086667
0,74772	40	0,03084583
0,725	50	0,03079583
0,69863	60	0,0307375

**Fuente:** Realizado por el autor



**Gráfico 4.9** Tendencia tiempo vs humedad E6013 Temperatura de 60 °C

**Fuente:** Realizado por el autor

**TABLA 4.19** Recolección de pesos de electrodos a Temperatura de 100 °C

<b>MUESTRA</b>	<b>PESO (Kg.) 5 Min</b>	<b>PESO (Kg.) 10 Min</b>	<b>PESO (Kg.) 20 Min</b>	<b>PESO (Kg.) 30 Min</b>
1	0,0311	0,0309	0,0308	0,0307
2	0,0311	0,0308	0,0307	0,0308
3	0,0311	0,0308	0,0307	0,0308
4	0,0312	0,0308	0,0308	0,0307
5	0,0312	0,0309	0,0308	0,0307
6	0,031	0,0307	0,0307	0,0307
7	0,031	0,0309	0,0308	0,0308
8	0,031	0,0307	0,0307	0,0307
9	0,031	0,0309	0,0306	0,0307
10	0,0311	0,0309	0,0308	0,0307
11	0,0311	0,0309	0,0306	0,0306
12	0,031	0,0308	0,0308	0,0308
13	0,031	0,0307	0,0307	0,0306
14	0,031	0,0308	0,0307	0,0308
15	0,0311	0,0309	0,0308	0,0307
16	0,0311	0,0308	0,0306	0,0307
17	0,0311	0,0309	0,0308	0,0306
18	0,0311	0,0308	0,0307	0,0306
19	0,0312	0,0308	0,0308	0,0308
20	0,0311	0,0309	0,0306	0,0307
21	0,031	0,0307	0,0307	0,0308
22	0,0311	0,0308	0,0308	0,0307
23	0,0311	0,0308	0,0308	0,0306
24	0,0312	0,0307	0,0308	0,0306
<b>PROMEDIO</b>	<b>0,031083333</b>	<b>0,030816667</b>	<b>0,030733333</b>	<b>0,030704167</b>

**Fuente:** Realizado por el autor

**TABLA 4.19** Recolección de pesos de electrodos a Temperatura de 100 °C

(Continuación)

<b>MUESTRA</b>	<b>PESO (Kg.) 40 Min</b>	<b>PESO (Kg.) 50 Min</b>	<b>PESO (Kg.) 60 Min</b>
1	0,0305	0,0304	0,0304
2	0,0305	0,0304	0,0303
3	0,0305	0,0304	0,0303
4	0,0305	0,0304	0,0304
5	0,0306	0,0305	0,0303
6	0,0305	0,0304	0,0303
7	0,0305	0,0304	0,0303
8	0,0305	0,0304	0,0303
9	0,0305	0,0304	0,0303
10	0,0305	0,0304	0,0303
11	0,0305	0,0304	0,0304
12	0,0305	0,0304	0,0304
13	0,0305	0,0304	0,0304
14	0,0306	0,0304	0,0303
15	0,0305	0,0304	0,0304
16	0,0306	0,0305	0,0303
17	0,0305	0,0304	0,0303
18	0,0306	0,0305	0,0304
19	0,0306	0,0305	0,0303
20	0,0305	0,0305	0,0303
21	0,0306	0,0305	0,0303
22	0,0305	0,0304	0,0304
23	0,0305	0,0304	0,0303
24	0,0305	0,0304	0,0303
<b>PROMEDIO</b>	<b>0,030525</b>	<b>0,030425</b>	<b>0,030333333</b>

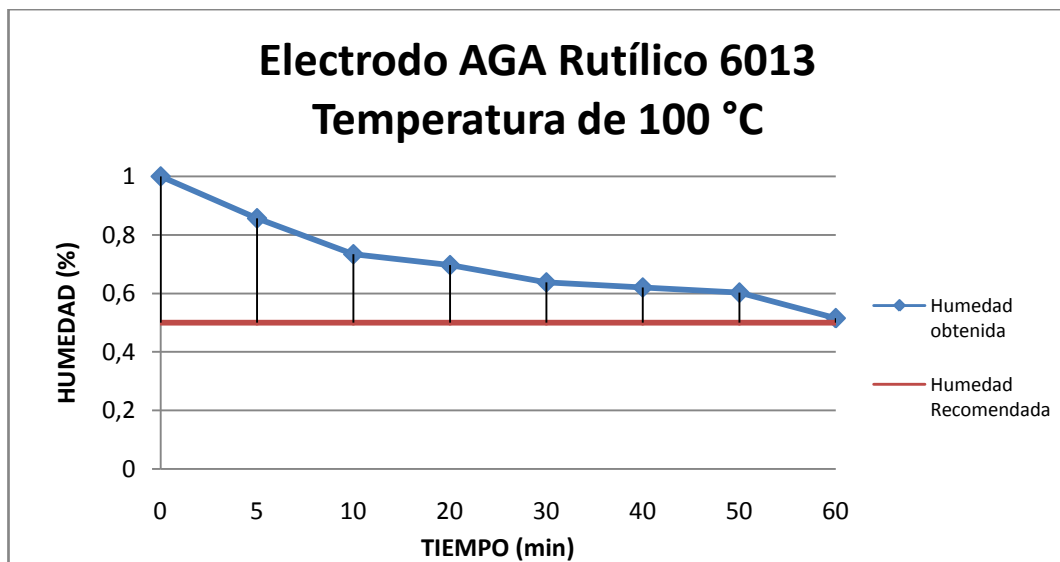
**Fuente:** Realizado por el autor



**TABLA 4.20** Tabulación de Humedad Frente a tiempo E6013 Temperatura de 100 °C

HUMEDAD (%)	TIEMPO (min.)	PROMEDIO
1	0	0,0314
0,8559	5	0,03108333
0,7345	10	0,03081667
0,6968	20	0,03073333
0,63818	30	0,03060417
0,6205	40	0,030525
0,60227	50	0,030425
0,515	60	0,03033333

**Fuente:** Realizado por el autor



**Gráfico 4.10** Tendencia tiempo vs humedad E6013 Temperatura de 100 °C

**Fuente:** Realizado por el autor

**TABLA 4.21** Recolección de pesos de electrodos a Temperatura de 150 °C

<b>MUESTRA</b>	<b>PESO (Kg.) 5 Min</b>	<b>PESO (Kg.) 10 Min</b>	<b>PESO (Kg.) 20 Min</b>	<b>PESO (Kg.) 30 Min</b>
1	0,0309	0,0308	0,0306	0,0307
2	0,0309	0,0309	0,0307	0,0306
3	0,0309	0,0309	0,0307	0,0306
4	0,0309	0,0308	0,0307	0,0306
5	0,031	0,0309	0,0307	0,0305
6	0,031	0,0308	0,0306	0,0306
7	0,031	0,0308	0,0306	0,0306
8	0,0309	0,0307	0,0306	0,0305
9	0,0309	0,0307	0,0307	0,0305
10	0,0309	0,0307	0,0307	0,0305
11	0,0309	0,0307	0,0307	0,0305
12	0,0309	0,0308	0,0307	0,0305
13	0,031	0,0309	0,0307	0,0306
14	0,031	0,0308	0,0308	0,0306
15	0,031	0,0308	0,0307	0,0306
16	0,0309	0,0307	0,0306	0,0306
17	0,0309	0,0307	0,0306	0,0305
18	0,0309	0,0308	0,0307	0,0306
19	0,0309	0,0307	0,0307	0,0306
20	0,031	0,0308	0,0307	0,0306
21	0,031	0,0308	0,0307	0,0306
22	0,0309	0,0308	0,0307	0,0305
23	0,0309	0,0308	0,0307	0,0306
24	0,031	0,0308	0,0307	0,0306
<b>PROMEDIO</b>	<b>0,0309375</b>	<b>0,0307875</b>	<b>0,030679167</b>	<b>0,030570833</b>

**Fuente:** Realizado por el autor

**TABLA 4.21** Recolección de pesos de electrodos a Temperatura de 150 °C

(Continuación)

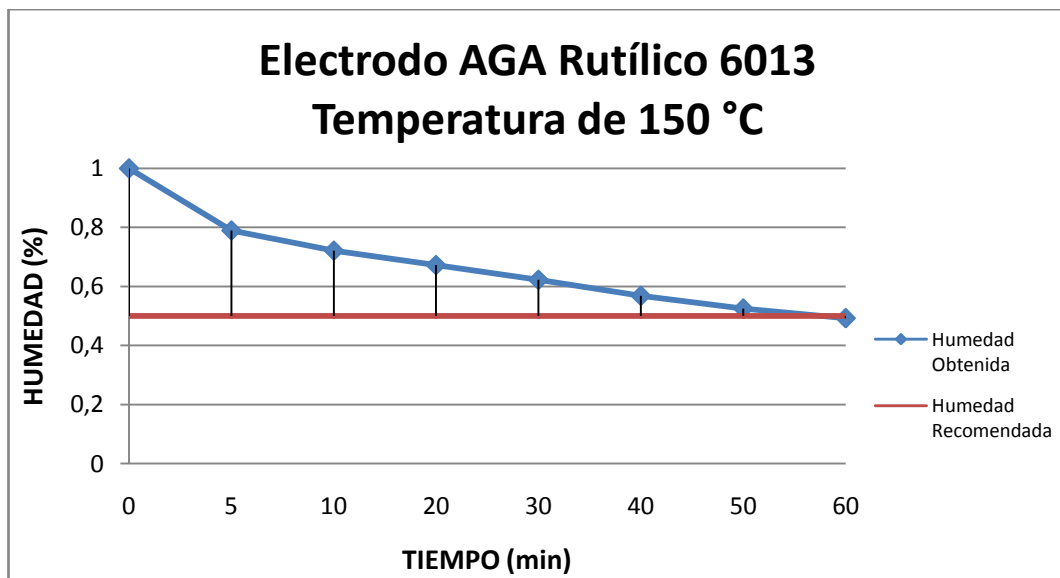
<b>MUESTRA</b>	<b>PESO (Kg.) 40 Min</b>	<b>PESO (Kg.) 50 Min</b>	<b>PESO (Kg.) 60 Min</b>
1	0,0304	0,0303	0,0303
2	0,0304	0,0304	0,0303
3	0,0304	0,0303	0,0303
4	0,0305	0,0304	0,0303
5	0,0305	0,0302	0,0303
6	0,0304	0,0303	0,0302
7	0,0305	0,0304	0,0303
8	0,0304	0,0303	0,0302
9	0,0304	0,0304	0,0303
10	0,0305	0,0304	0,0303
11	0,0304	0,0304	0,0303
12	0,0304	0,0304	0,0303
13	0,0305	0,0304	0,0303
14	0,0305	0,0304	0,0302
15	0,0305	0,0304	0,0303
16	0,0304	0,0304	0,0303
17	0,0305	0,0304	0,0303
18	0,0304	0,0303	0,0303
19	0,0304	0,0304	0,0303
20	0,0305	0,0303	0,0302
21	0,0304	0,0302	0,0303
22	0,0304	0,0303	0,0303
23	0,0305	0,0304	0,0303
24	0,0306	0,0304	0,0303
<b>PROMEDIO</b>	<b>0,03045</b>	<b>0,030354167</b>	<b>0,030283333</b>

**Fuente:** Realizado por el autor

**TABLA 4.22** Tabulación de Humedad Frente a tiempo E6013 Temperatura de 150 °C

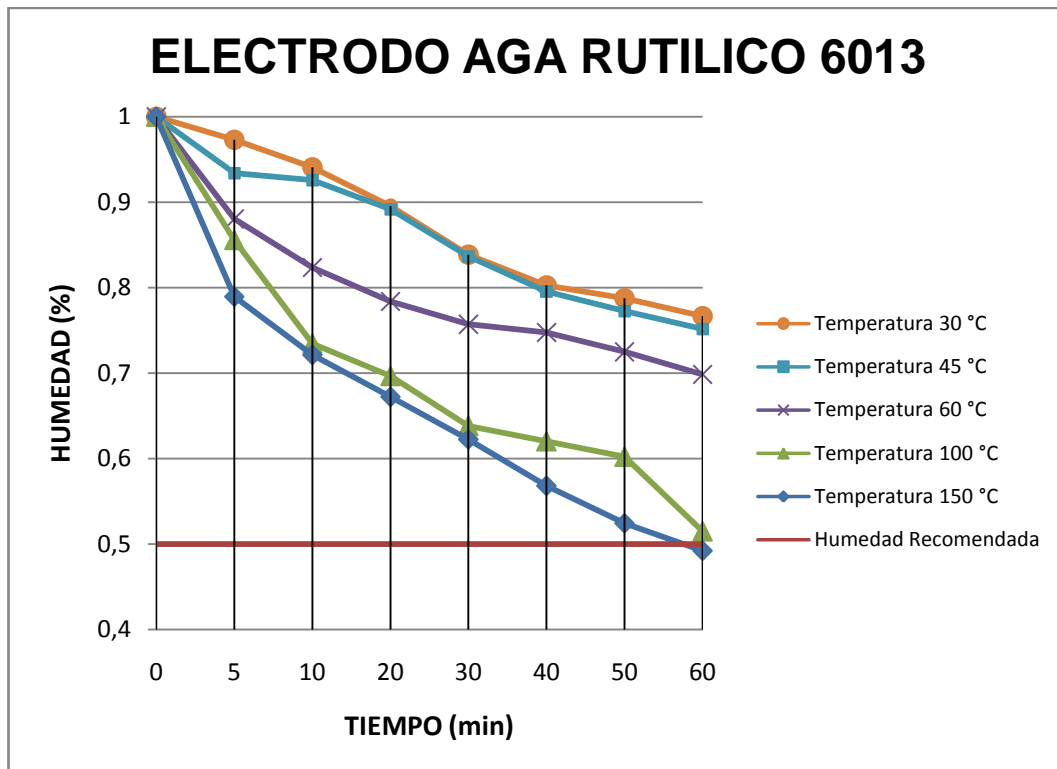
HUMEDAD (%)	TIEMPO (min.)	PROMEDIO
1	0	0,0314
0,7895	5	0,0309375
0,72136	10	0,0307875
0,6722	20	0,03067917
0,62272	30	0,03057083
0,56818	40	0,03045
0,52454	50	0,03035417
0,5022	60	0,03028333

**Fuente:** Realizado por el autor



**Gráfico 4.11** Tendencia tiempo vs humedad E6013 Temperatura de 150 °C

**Fuente:** Realizado por el autor



**Gráfico 4.12** Tendencia tiempo vs humedad E6013

**Fuente:** Realizado por el autor

### Conclusión

Con este tipo de electrodo revestido a una temperatura de 100 °C en el transcurso de 60 minutos, tiempo que indica el fabricante AGA para secado del revestimiento 6013, se obtuvo un valor de 0,515 % de humedad, que se acerca bastante al valor recomendado por la norma AWS 5.1-81 que se tiene como valor máximo de humedad como 0,5.

Adicionalmente, a la temperatura de 150 °C, al minuto 60 se obtuvo un valor de 0,5022 %, que llega considerablemente al recomendado, con lo que se estaría demostrando que la temperatura dada también por el fabricante cumple con el porcentaje, tiempo y temperatura dados por la norma.

**c) Toma de datos con electrodo tipo Celulósico (AGA E6011)**

Para realizar el ensayo con este tipo de electrodo se procedió de manera similar como con los anteriores ensayos, pesando inicialmente el electrodo humedecido, para posteriormente proceder a programar al horno a una temperatura de 100° C durante 1 hora, con lo que se obtuvieron los siguientes resultados:



**Figura 4.5** Pesaje en gramos de E6011 humedecido

Fuente: Realizado por el autor



**Figura 4.6** Pesaje de 38 Electrodo 6011 humedecidos

Fuente: Realizado por el autor

**Tabla 4.23** Toma de datos E6011 Humedecido

MUESTRA	Peso (Kg.)	MUESTRA	Peso (Kg.)	MUESTRA	Peso (Kg.)	MUESTRA	Peso (Kg.)
1	0,0272	25	0,0271	49	0,0273	73	0,0272
2	0,0271	26	0,0272	50	0,0273	74	0,0273
3	0,0272	27	0,0271	51	0,0273	75	0,0271
4	0,0273	28	0,0273	52	0,0273	76	0,0273
5	0,0272	29	0,0273	53	0,0272	77	0,0271
6	0,0272	30	0,0273	54	0,0271	78	0,0273
7	0,0271	31	0,0271	55	0,0273	79	0,0272
8	0,0273	32	0,0273	56	0,0273	80	0,0273
9	0,0271	33	0,0273	57	0,0273	81	0,0271
10	0,0273	34	0,0272	58	0,0273	82	0,0273
11	0,0271	35	0,0273	59	0,0272	83	0,0272
12	0,0272	36	0,0273	60	0,0273	84	0,0273
13	0,0273	37	0,0273	61	0,0273	85	0,0273
14	0,0271	38	0,0273	62	0,0271	86	0,0271
15	0,0273	39	0,0272	63	0,0273	87	0,0271
16	0,0272	40	0,0273	64	0,0273	88	0,0272
17	0,0273	41	0,0273	65	0,0272	89	0,0272
18	0,0271	42	0,0272	66	0,0273	90	0,0272
19	0,0272	43	0,0273	67	0,0273	91	0,0272
20	0,0271	44	0,0273	68	0,0273	92	0,0272
21	0,0271	45	0,0272	69	0,0273	93	0,0272
22	0,0272	46	0,0273	70	0,0273	94	0,0272
23	0,0272	47	0,0273	71	0,0273	95	0,0272
24	0,0271	48	0,0273	72	0,0273	96	0,0272

**Fuente:** Realizado por el autor

**Tabla 4.23** Toma de datos E6011 Humedecido

(Continuación)

MUESTRA	Peso (Kg.)	MUESTRA	Peso (Kg.)	MUESTRA	Peso (Kg.)
97	0,0273	121	0,0272	145	0,0271
98	0,0273	122	0,0273	146	0,0272
99	0,0273	123	0,0273	147	0,0272
100	0,0272	124	0,0273	148	0,0272
101	0,0273	125	0,0272	149	0,0272
102	0,0273	126	0,0273	150	0,0272
103	0,0273	127	0,0273	151	0,0272
104	0,0273	128	0,0272	152	0,0271
105	0,0272	129	0,027	153	0,0271
106	0,0273	130	0,0272	154	0,0271
107	0,0273	131	0,0272	155	0,0271
108	0,0273	132	0,0272	156	0,0271
109	0,0273	133	0,0272	157	0,0272
110	0,0272	134	0,0272	158	0,0271
111	0,0271	135	0,0272	159	0,0271
112	0,0272	136	0,0272	160	0,0271
113	0,0272	137	0,0272	161	0,0272
114	0,0273	138	0,0272	162	0,0271
115	0,0273	139	0,0272	163	0,0271
116	0,0273	140	0,0272	164	0,0271
117	0,0272	141	0,0271	165	0,0272
118	0,0273	142	0,0272	166	0,0271
119	0,0273	143	0,0271	167	0,0272
120	0,0273	144	0,0273	168	0,0271

**Fuente:** Realizado por el autor

Al promediar los datos resultantes se obtuvo una media de 27,2 gramos por peso del electrodo húmedo de los cuales al realizar la relación que el proveedor AGA indica en el *Anexo 7*, haciendo referencia se somete a pesar 38 electrodos 6011 para determinar el exceso de peso en relación al peso ideal que indica el proveedor, obteniéndose un valor de 1034,1 gramos; con lo que se tiene un exceso de 34,1 gramos con lo que haciendo relación con el valor ideal tenemos un excedente de 1,29 electrodos, que es el valor que se refleja en humedad retenida en este caso.



Posteriormente por diferencias de pesos, se determina el porcentaje de humedad inicial, mediante la aplicación de la *ecuación 4.1*. Para este ensayo de recuperación del revestimiento del electrodo colocándose las probetas en el horno y se programó al mismo para que las muestras sean extraídas a una temperatura de 30 °C durante un tiempo de 1 hora, siendo pesadas a los 5', 10', 20', 30', 40', 50' y 60', es decir, el ensayo duró a la temperatura indicada 1 hora. Se utilizó el mismo procedimiento anteriormente mencionado, elevando las temperaturas de secado, con lo que se obtuvieron las muestras a los 30 °C, 40 °C, 60 °C, 80 °C y 100 °C, a los tiempos anteriormente mencionados.

**TABLA 4.24** Recolección de pesos de electrodos temperatura de 30 °C

MUESTRA	PESO (Kg.) 5 Min	PESO (Kg.) 10 Min	PESO (Kg.) 20 Min	PESO (Kg.) 30 Min
1	0,0272	0,0271	0,027	0,0269
2	0,0271	0,0271	0,0269	0,0268
3	0,0272	0,0271	0,0269	0,0269
4	0,0272	0,027	0,027	0,0269
5	0,0272	0,0272	0,027	0,0269
6	0,0272	0,0272	0,027	0,0269
7	0,0272	0,027	0,0269	0,027
8	0,027	0,027	0,027	0,0269
9	0,0272	0,0272	0,0269	0,0269
10	0,0272	0,027	0,0269	0,027
11	0,0272	0,027	0,027	0,027
12	0,0272	0,0271	0,0269	0,027
13	0,0272	0,027	0,027	0,0269
14	0,0272	0,0271	0,027	0,0269
15	0,0272	0,027	0,0269	0,0269
16	0,0272	0,027	0,027	0,0269
17	0,0272	0,0272	0,027	0,027
18	0,0272	0,0271	0,0269	0,0269
19	0,0271	0,027	0,027	0,027
20	0,0271	0,0272	0,027	0,027
21	0,0271	0,0271	0,027	0,0269
22	0,0271	0,0271	0,027	0,0269
23	0,0271	0,0272	0,027	0,0269
24	0,0271	0,027	0,0269	0,0269
<b>PROMEDIO</b>	<b>0,0271625</b>	<b>0,027083333</b>	<b>0,0269625</b>	<b>0,026925</b>

**Fuente:** Realizado por el autor

**TABLA 4.24** Recolección de pesos de electrodos temperatura de 30 °C  
(Continuación)

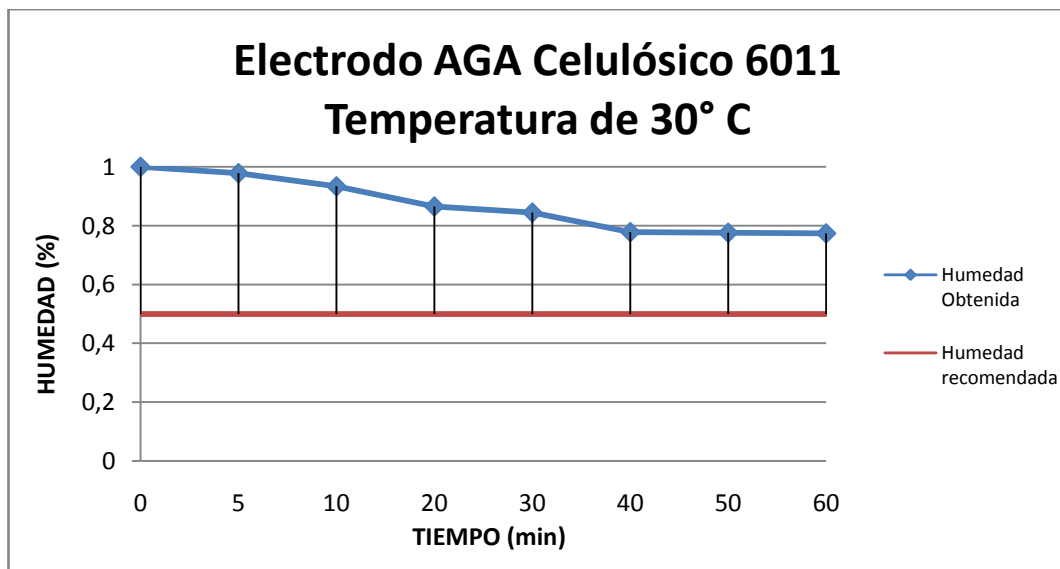
<b>MUESTRA</b>	<b>PESO (Kg.) 40 Min</b>	<b>PESO (Kg.) 50 Min</b>	<b>PESO (Kg.) 60 Min</b>
1	0,0269	0,0268	0,0269
2	0,0269	0,0268	0,0268
3	0,0268	0,0268	0,0268
4	0,0269	0,0268	0,0268
5	0,0269	0,0269	0,0268
6	0,0269	0,0268	0,0268
7	0,0269	0,0268	0,0268
8	0,0269	0,0267	0,0268
9	0,0268	0,0268	0,0269
10	0,0268	0,0269	0,0268
11	0,0268	0,0268	0,0267
12	0,0267	0,0267	0,0267
13	0,0267	0,0268	0,0268
14	0,0268	0,0269	0,0268
15	0,0267	0,0268	0,0268
16	0,0268	0,0267	0,0269
17	0,0267	0,0267	0,0267
18	0,0268	0,0267	0,0268
19	0,0267	0,0269	0,0267
20	0,0268	0,0269	0,0267
21	0,0269	0,0268	0,0268
22	0,0269	0,0269	0,0269
23	0,0267	0,0268	0,0269
24	0,0267	0,0268	0,0268
<b>PROMEDIO</b>	<b>0,026808333</b>	<b>0,026804167</b>	<b>0,0268</b>

**Fuente:** Realizado por el autor

**TABLA 4.25** Tabulación de Humedad Frente a tiempo E6011 Temperatura de 30 °C

HUMEDAD (%)	TIEMPO (min.)	PROMEDIO
1	0	0,0272
0,9785	5	0,0271625
0,9338	10	0,027083333
0,8655	20	0,0269625
0,8446	30	0,026925
0,7785	40	0,026808333
0,7762	50	0,026804167
0,774	60	0,0268

Fuente: Realizado por el autor



**Gráfico 4.13** Tendencia tiempo vs humedad E6011 Temperatura de 30 °C

Fuente: Realizado por el autor

**TABLA 4.26** Recolección de pesos de electrodos Temperatura de 40 °C

<b>MUESTRA</b>	<b>PESO (Kg.) 5 Min</b>	<b>PESO (Kg.) 10 Min</b>	<b>PESO (Kg.) 20 Min</b>	<b>PESO (Kg.) 30 Min</b>
1	0,0271	0,0269	0,0269	0,0268
2	0,0271	0,0272	0,0269	0,0268
3	0,0272	0,027	0,0269	0,0268
4	0,0271	0,027	0,0269	0,0268
5	0,0272	0,0269	0,0268	0,0267
6	0,0269	0,0269	0,027	0,0268
7	0,0272	0,0272	0,0269	0,0267
8	0,0271	0,027	0,0267	0,0268
9	0,027	0,0272	0,0269	0,0268
10	0,027	0,027	0,0268	0,0268
11	0,0271	0,027	0,0268	0,0268
12	0,0272	0,0272	0,027	0,0267
13	0,027	0,027	0,0268	0,0267
14	0,0272	0,0271	0,0268	0,0267
15	0,027	0,027	0,0269	0,0267
16	0,0271	0,027	0,0268	0,0269
17	0,0272	0,0272	0,027	0,0269
18	0,0271	0,0271	0,027	0,0269
19	0,0271	0,027	0,0269	0,0269
20	0,0272	0,0272	0,0269	0,0267
21	0,0272	0,0269	0,0269	0,0269
22	0,0272	0,0271	0,0269	0,0268
23	0,0272	0,0269	0,0268	0,0268
24	0,0271	0,0269	0,0268	0,0269
<b>PROMEDIO</b>	<b>0,027116667</b>	<b>0,0270375</b>	<b>0,026875</b>	<b>0,026795833</b>

**Fuente:** Realizado por el autor

**TABLA 4.26** Recolección de pesos de electrodos Temperatura de 40 °C  
(Continuación)

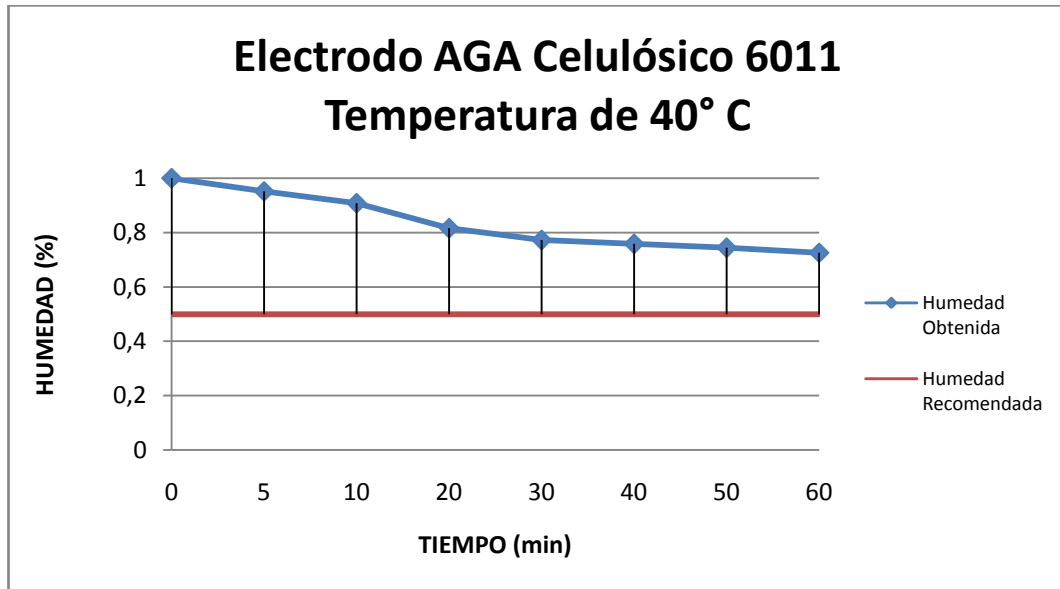
<b>MUESTRA</b>	<b>PESO (Kg.) 40 Min</b>	<b>PESO (Kg.) 50 Min</b>	<b>PESO (Kg.) 60 Min</b>
1	0,0268	0,0268	0,0266
2	0,0267	0,0268	0,0267
3	0,0267	0,0266	0,0267
4	0,0267	0,0267	0,0266
5	0,0269	0,0266	0,0266
6	0,0267	0,0267	0,0267
7	0,0267	0,0268	0,0267
8	0,0267	0,0267	0,0266
9	0,0267	0,0268	0,0268
10	0,0268	0,0269	0,0268
11	0,0268	0,0266	0,0268
12	0,0268	0,0267	0,0269
13	0,0268	0,0268	0,0267
14	0,0269	0,0268	0,0267
15	0,0268	0,0267	0,0268
16	0,0268	0,0267	0,0268
17	0,0267	0,0267	0,0267
18	0,0267	0,0267	0,0267
19	0,0267	0,0267	0,0267
20	0,0268	0,0269	0,0267
21	0,0269	0,0267	0,0267
22	0,0268	0,0269	0,0267
23	0,0268	0,0268	0,0267
24	0,0268	0,0268	0,0267
<b>PROMEDIO</b>	<b>0,026770833</b>	<b>0,026745833</b>	<b>0,0267125</b>

**Fuente:** Realizado por el autor

**TABLA 4.27** Tabulación de Humedad Frente a tiempo E6011 Temperatura de 40 °C

HUMEDAD (%)	TIEMPO (min.)	PROMEDIO
1	0	0,0272
0,9525	5	0,027116667
0,9079	10	0,0270375
0,8163	20	0,026875
0,7724	30	0,026795833
0,7584	40	0,026770833
0,7443	50	0,026745833
0,7258	60	0,0267125

**Fuente:** Realizado por el autor



**Gráfico 4.14** Tendencia tiempo vs humedad E6011 Temperatura de 40 °C

**Fuente:** Realizado por el autor

**TABLA 4.28** Recolección de pesos de electrodos Temperatura de 60 °C

MUESTRA	PESO (Kg.) 5 Min	PESO (Kg.) 10 Min	PESO (Kg.) 20 Min	PESO (Kg.) 30 Min
1	0,027	0,0268	0,0268	0,0267
2	0,0269	0,027	0,0268	0,0267
3	0,0269	0,0269	0,0268	0,0267
4	0,027	0,027	0,0268	0,0267
5	0,0269	0,0269	0,0269	0,0267
6	0,0269	0,0269	0,0267	0,0267
7	0,027	0,027	0,0267	0,0266
8	0,027	0,0269	0,0267	0,0267
9	0,0269	0,0269	0,0267	0,0267
10	0,027	0,0269	0,0269	0,0267
11	0,027	0,027	0,0267	0,0267
12	0,027	0,0269	0,0267	0,0267
13	0,0269	0,027	0,0269	0,0266
14	0,0269	0,027	0,0267	0,0267
15	0,027	0,0268	0,0269	0,0267
16	0,0269	0,027	0,0267	0,0267
17	0,0269	0,027	0,0267	0,0266
18	0,027	0,0269	0,0269	0,0266
19	0,0269	0,0269	0,0267	0,0267
20	0,027	0,0268	0,0267	0,0267
21	0,027	0,0269	0,0269	0,0267
22	0,0269	0,0269	0,0267	0,0267
23	0,0269	0,0268	0,0269	0,0265
24	0,027	0,0269	0,0267	0,0266
<b>PROMEDIO</b>	<b>0,02695</b>	<b>0,026916667</b>	<b>0,026775</b>	<b>0,026670833</b>

**Fuente:** Realizado por el autor

**TABLA 4.28** Recolección de pesos de electrodos Temperatura de 60 °C  
(Continuación)

<b>MUESTRA</b>	<b>PESO (Kg.) 40 Min</b>	<b>PESO (Kg.) 50 Min</b>	<b>PESO (Kg.) 60 Min</b>
1	0,0266	0,0266	0,0265
2	0,0266	0,0266	0,0266
3	0,0266	0,0265	0,0265
4	0,0265	0,0266	0,0264
5	0,0265	0,0265	0,0265
6	0,0266	0,0266	0,0265
7	0,0265	0,0265	0,0265
8	0,0266	0,0265	0,0265
9	0,0266	0,0265	0,0265
10	0,0265	0,0265	0,0266
11	0,0266	0,0266	0,0264
12	0,0266	0,0265	0,0265
13	0,0266	0,0265	0,0265
14	0,0266	0,0265	0,0265
15	0,0265	0,0265	0,0264
16	0,0265	0,0266	0,0265
17	0,0265	0,0265	0,0265
18	0,0265	0,0266	0,0265
19	0,0266	0,0266	0,0265
20	0,0266	0,0266	0,0264
21	0,0265	0,0266	0,0265
22	0,0266	0,0265	0,0265
23	0,0266	0,0265	0,0264
24	0,0265	0,0265	0,0264
<b>PROMEDIO</b>	<b>0,026558333</b>	<b>0,026541667</b>	<b>0,026483333</b>

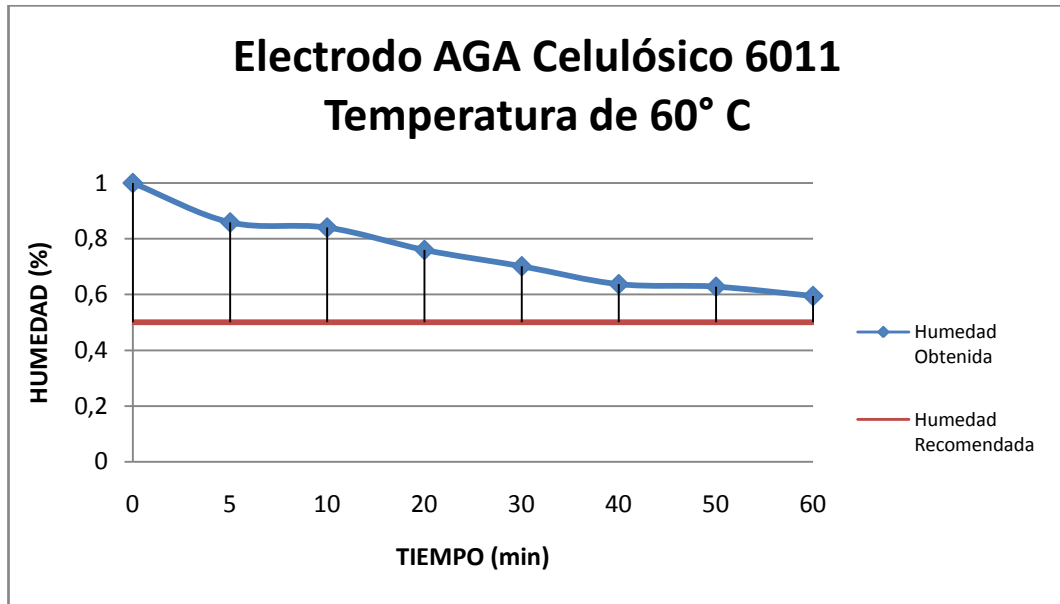
**Fuente:** Realizado por el autor



**TABLA 4.29** Tabulación de Humedad Frente a tiempo E6011 Temperatura de 60 °C

HUMEDAD (%)	TIEMPO (min.)	PROMEDIO
1	0	0,0272
0,8588	5	0,02695
0,8401	10	0,026916667
0,7598	20	0,026775
0,7011	30	0,026670833
0,6373	40	0,026558333
0,6282	50	0,026541667
0,5945	60	0,026483333

**Fuente:** Realizado por el autor



**Gráfico 4.15** Tendencia tiempo vs humedad E6011 Temperatura de 60 °C

**Fuente:** Realizado por el autor

**TABLA 4.30** Recolección de pesos de electrodos a Temperatura de 80 °C

MUESTRA	PESO (Kg.) 5 Min	PESO (Kg.) 10 Min	PESO (Kg.) 20 Min	PESO (Kg.) 30 Min
1	0,0268	0,0267	0,0266	0,0266
2	0,0268	0,0267	0,0267	0,0266
3	0,0269	0,0267	0,0267	0,0266
4	0,0268	0,0267	0,0267	0,0266
5	0,0269	0,0267	0,0267	0,0265
6	0,0269	0,0267	0,0266	0,0265
7	0,0268	0,0267	0,0267	0,0266
8	0,0269	0,0269	0,0266	0,0265
9	0,0268	0,0268	0,0267	0,0265
10	0,0269	0,0267	0,0267	0,0265
11	0,0268	0,0267	0,0267	0,0265
12	0,0269	0,0267	0,0267	0,0265
13	0,0268	0,0268	0,0266	0,0265
14	0,0269	0,0267	0,0266	0,0266
15	0,0269	0,0267	0,0266	0,0266
16	0,0269	0,0267	0,0266	0,0266
17	0,0269	0,0269	0,0266	0,0265
18	0,0269	0,0267	0,0267	0,0265
19	0,0269	0,0267	0,0266	0,0266
20	0,0269	0,0267	0,0266	0,0265
21	0,0269	0,0267	0,0266	0,0265
22	0,0268	0,0267	0,0266	0,0266
23	0,0268	0,0267	0,0266	0,0266
24	0,0268	0,0267	0,0266	0,0266
<b>PROMEDIO</b>	<b>0,026858333</b>	<b>0,026725</b>	<b>0,026641667</b>	<b>0,02655</b>

**Fuente:** Realizado por el autor

**TABLA 4.30** Recolección de pesos de electrodos a Temperatura de 80 °C

(Continuación)

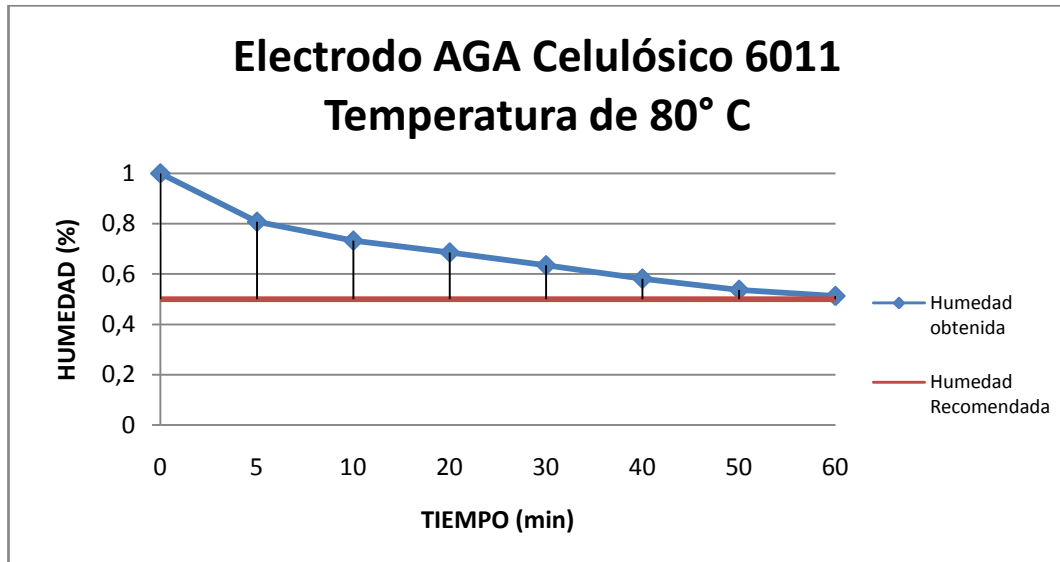
<b>MUESTRA</b>	<b>PESO (Kg.) 40 Min</b>	<b>PESO (Kg.) 50 Min</b>	<b>PESO (Kg.) 60 Min</b>
1	0,0264	0,0264	0,0263
2	0,0264	0,0264	0,0263
3	0,0265	0,0264	0,0263
4	0,0265	0,0264	0,0263
5	0,0264	0,0264	0,0263
6	0,0266	0,0263	0,0264
7	0,0265	0,0264	0,0264
8	0,0264	0,0263	0,0264
9	0,0265	0,0264	0,0263
10	0,0264	0,0264	0,0263
11	0,0264	0,0264	0,0263
12	0,0264	0,0264	0,0263
13	0,0264	0,0264	0,0263
14	0,0265	0,0264	0,0263
15	0,0264	0,0263	0,0264
16	0,0264	0,0264	0,0263
17	0,0265	0,0264	0,0264
18	0,0265	0,0264	0,0264
19	0,0265	0,0263	0,0263
20	0,0264	0,0264	0,0264
21	0,0264	0,0263	0,0264
22	0,0265	0,0264	0,0263
23	0,0265	0,0263	0,0263
24	0,0265	0,0264	0,0263
<b>PROMEDIO</b>	<b>0,026454167</b>	<b>0,026375</b>	<b>0,026333333</b>

**Fuente:** Realizado por el autor

**TABLA 4.31** Tabulación de Humedad Frente a tiempo E6011 Temperatura de 80 °C

HUMEDAD (%)	TIEMPO (min.)	PROMEDIO
1	0	0,0272
0,8078	5	0,026858333
0,7331	10	0,026725
0,68595	20	0,026641667
0,63483	30	0,02655
0,58089	40	0,026454167
0,53651	50	0,026375
0,51292	60	0,026333333

**Fuente:** Realizado por el autor



**Gráfico 4.16** Tendencia tiempo vs humedad E6011 Temperatura de 80 °C

**Fuente:** Realizado por el autor

**TABLA 4.32** Recolección de pesos de electrodos Temperatura de 100 °C

MUESTRA	PESO (Kg.) 5 Min	PESO (Kg.) 10 Min	PESO (Kg.) 20 Min	PESO (Kg.) 30 Min
1	0,0268	0,0266	0,0265	0,0265
2	0,0267	0,0266	0,0265	0,0265
3	0,0267	0,0266	0,0266	0,0265
4	0,0267	0,0265	0,0266	0,0264
5	0,0267	0,0265	0,0266	0,0265
6	0,0266	0,0266	0,0266	0,0265
7	0,0267	0,0266	0,0266	0,0265
8	0,0266	0,0265	0,0265	0,0264
9	0,0268	0,0266	0,0265	0,0266
10	0,0268	0,0265	0,0265	0,0265
11	0,0267	0,0266	0,0265	0,0265
12	0,0268	0,0266	0,0265	0,0265
13	0,0266	0,0266	0,0265	0,0265
14	0,0268	0,0266	0,0265	0,0266
15	0,0267	0,0266	0,0266	0,0265
16	0,0267	0,0266	0,0265	0,0265
17	0,0267	0,0266	0,0266	0,0265
18	0,0266	0,0266	0,0266	0,0266
19	0,0267	0,0267	0,0265	0,0265
20	0,0267	0,0266	0,0265	0,0264
21	0,0267	0,0265	0,0265	0,0265
22	0,0267	0,0266	0,0266	0,0264
23	0,0267	0,0265	0,0265	0,0265
24	0,0267	0,0267	0,0266	0,0265
<b>PROMEDIO</b>	0,026704167	0,026583333	0,026541667	0,026495833

**Fuente:** Realizado por el autor

**TABLA 4.32** Recolección de pesos de electrodos Temperatura de 100 °C  
(Continuación)

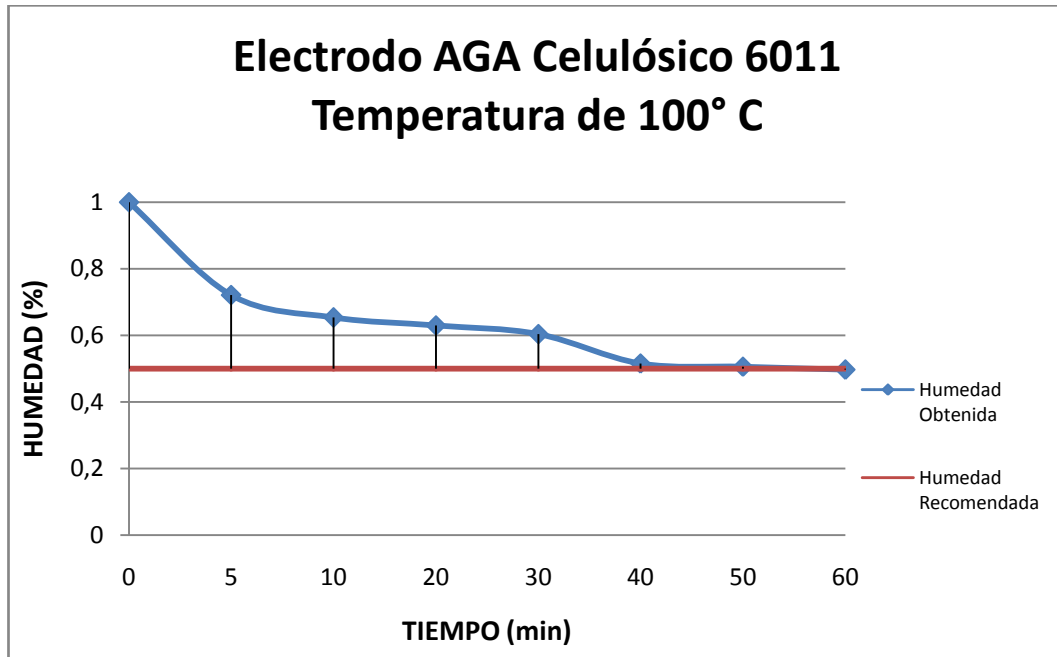
MUESTRA	PESO (Kg.) 40 Min	PESO (Kg.) 50 Min	PESO (Kg.) 60 Min
1	0,0264	0,0263	0,0263
2	0,0263	0,0263	0,0263
3	0,0262	0,0263	0,0264
4	0,0264	0,0263	0,0263
5	0,0264	0,0264	0,0263
6	0,0264	0,0263	0,0263
7	0,0264	0,0264	0,0263
8	0,0264	0,0263	0,0263
9	0,0263	0,0264	0,0262
10	0,0263	0,0263	0,0263
11	0,0263	0,0263	0,0264
12	0,0263	0,0263	0,0263
13	0,0263	0,0262	0,0263
14	0,0263	0,0263	0,0263
15	0,0263	0,0264	0,0263
16	0,0264	0,0263	0,0263
17	0,0263	0,0263	0,0263
18	0,0263	0,0263	0,0263
19	0,0263	0,0263	0,0264
20	0,0264	0,0264	0,0263
21	0,0264	0,0264	0,0263
22	0,0262	0,0263	0,0263
23	0,0264	0,0263	0,0262
24	0,0264	0,0263	0,0263
<b>PROMEDIO</b>	0,0263375	0,026320833	0,026304167

**Fuente:** Realizado por el autor

**TABLA 4.33** Tabulación de Humedad Frente a tiempo E6011 Temperatura de 100 °C

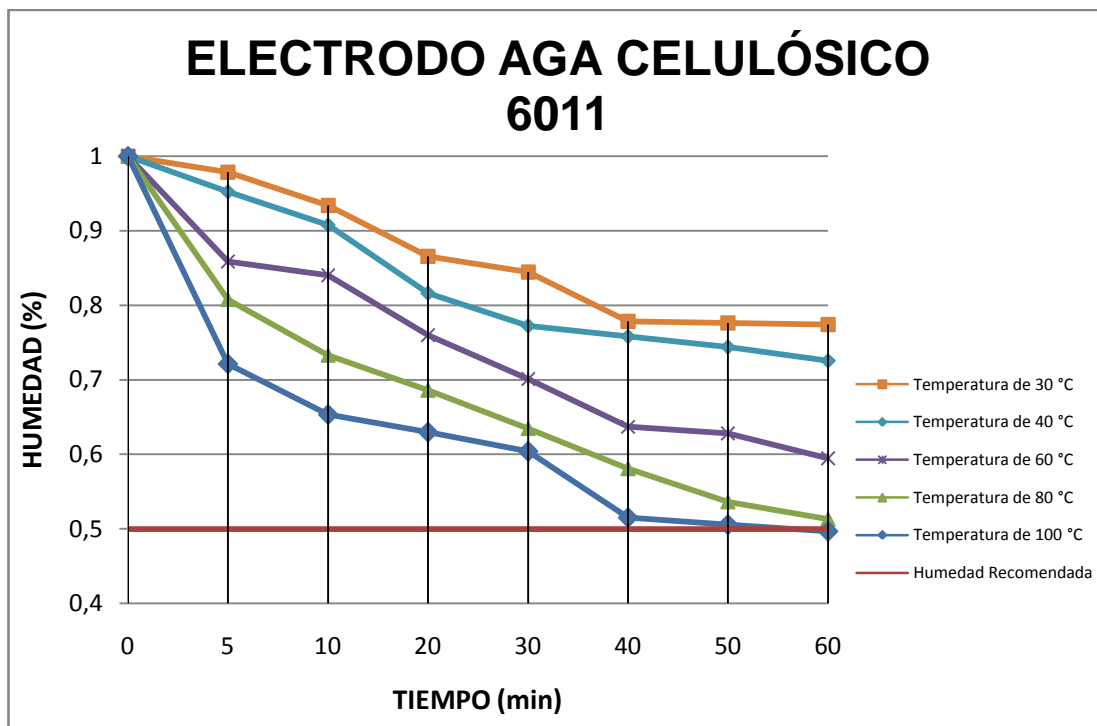
HUMEDAD (%)	TIEMPO (min.)	PROMEDIO
1	0	0,027200000
0,72135	5	0,026704167
0,65337	10	0,026583333
0,62977	20	0,026541667
0,60393	30	0,026495833
0,51516	40	0,0263375
0,50561	50	0,026320833
0,4966	60	0,026304167

**Fuente:** Realizado por el autor



**Gráfico 4.17** Tendencia tiempo vs humedad E6011 Temperatura de 100 °C

**Fuente:** Realizado por el autor



**Gráfico 4.18** Tendencia tiempo vs humedad electrodo AGA 6011

**Fuente:** Realizado por el autor

De los resultados obtenidos se puede concluir que a la temperatura de 80 °C, a los 60 minutos de transcurrida la prueba con permanencia de los electrodos en la cámara de secado, se logra llegar a un valor de 0,51292 % de humedad, que se acerca bastante al recomendado por la norma, sin embargo involucra el realizar un nuevo ensayo a 100 °C a fin de determinar los rangos de datos.

En tanto que a la temperatura de 100 °C, al minuto 50, se tiene un descenso considerable de humedad al ideal de 0.50561 % recomendado como valor máximo dado por la norma, en tanto que se deja transcurrir muestras que se sequen hasta el minuto 60 a la misma temperatura indicada obteniéndose el valor de 0,4966 %



#### 4.1.2.2 Determinación de humedad mediante reacondicionamiento del revestimiento luego de someter al electrodo a la intemperie durante un intervalo de tiempo

##### a) Toma de datos con electrodo de Bajo Hidrógeno (AGA E7018) dejado a la intemperie

Para este tipo de ensayo se sometió a 10 Kilogramos de E7018 al intemperie durante un periodo de 2 semanas, en el ambiente que suele estar almacenado (Bodega), esto con el fin de determinar la cantidad de humedad absorbida por su revestimiento durante el tiempo mencionado. Con los que se obtuvieron los siguientes pesajes que se muestran tabulados a continuación.

**TABLA 4.34** Pesaje E7018 dejados a la intemperie durante un periodo de 2 semanas

MUESTRA	PESO (Kg.)	MUESTRA	PESO (Kg.)	MUESTRA	PESO (Kg.)	MUESTRA	PESO (Kg.)
1	0,0365	25	0,0364	49	0,0369	73	0,0365
2	0,0367	26	0,0365	50	0,0362	74	0,0365
3	0,0367	27	0,0364	51	0,0365	75	0,0367
4	0,0364	28	0,0365	52	0,0365	76	0,0365
5	0,0365	29	0,0367	53	0,0364	77	0,0362
6	0,0364	30	0,0361	54	0,0365	78	0,0365
7	0,0365	31	0,0364	55	0,0364	79	0,0364
8	0,0366	32	0,0364	56	0,0365	80	0,0363
9	0,0364	33	0,0365	57	0,0364	81	0,0365
10	0,0364	34	0,0364	58	0,0365	82	0,0364
11	0,0365	35	0,0365	59	0,0365	83	0,0364
12	0,0365	36	0,0365	60	0,0364	84	0,0364
13	0,0365	37	0,0365	61	0,0365	85	0,0365
14	0,0365	38	0,0364	62	0,0364	86	0,0365
15	0,0362	39	0,0363	63	0,0365	87	0,0364
16	0,0365	40	0,0365	64	0,0367	88	0,0365
17	0,0365	41	0,0365	65	0,0365	89	0,0364
18	0,0369	42	0,0367	66	0,0366	90	0,0364
19	0,0364	43	0,0365	67	0,0365	91	0,0365
20	0,0365	44	0,0365	68	0,0363	92	0,0365
21	0,0365	45	0,0365	69	0,0364	93	0,0364
22	0,0365	46	0,0365	70	0,0363	94	0,0365
23	0,0364	47	0,0363	71	0,0365	95	0,0364
24	0,0364	48	0,0365	72	0,0365	96	0,0365

**Fuente:** Realizado por el autor

**TABLA 4.34** Pesaje E7018 dejados a la intemperie durante un periodo de 2 semanas  
(Continuación)

MUESTRA	PESO (Kg.)	MUESTRA	PESO (Kg.)	MUESTRA	PESO (Kg.)
97	0,0365	121	0,0365	145	0,0365
98	0,0364	122	0,0365	146	0,0364
99	0,0365	123	0,0364	147	0,0365
100	0,0364	124	0,0365	148	0,0365
101	0,0365	125	0,0364	149	0,0364
102	0,0362	126	0,0367	150	0,0365
103	0,0365	127	0,0365	151	0,0364
104	0,0365	128	0,0365	152	0,0364
105	0,0364	129	0,0365	153	0,0365
106	0,0365	130	0,0364	154	0,0364
107	0,0364	131	0,0365	155	0,0359
108	0,0364	132	0,0364	156	0,0365
109	0,0365	133	0,0364	157	0,0364
110	0,0364	134	0,0365	158	0,0365
111	0,0362	135	0,0365	159	0,0364
112	0,0359	136	0,0365	160	0,0364
113	0,0365	137	0,036	161	0,0366
114	0,0364	138	0,036	162	0,0364
115	0,0365	139	0,0365	163	0,0365
116	0,0364	140	0,0365	164	0,0365
117	0,0364	141	0,0367	165	0,0365
118	0,0366	142	0,0367	166	0,0364
119	0,0364	143	0,0365	167	0,0365
120	0,0365	144	0,0362	168	0,0364

**Fuente:** Realizado por el autor

De las muestras obtenidas se sacó el siguiente valor promedio de 0,0365 Kg., por peso del electrodo dejado a la intemperie, de los cuales al realizar la relación que el proveedor AGA indica en el *Anexo 7*, haciendo referencia se somete a pesar 29 electrodos 7018 para determinar el exceso de peso en relación al peso ideal que indica el proveedor, obteniéndose un valor de 1057,4 kilogramos; con lo que se tiene un exceso de 57,4 gramos; al hacer relación con el valor ideal tenemos un excedente de 1,66 electrodos, que se ve reflejado en humedad retenida en este caso.



**Figura 4.7** Pesaje en gramos de E7018 dejado a la intemperie

Fuente: Realizado por el autor



**Figura 4.8** Pesaje de 29 Electrodo 7018 dejados a la intemperie

Fuente: Realizado por el autor

Para el ensayo de reacondicionamiento del revestimiento del electrodo se colocaron las probetas en el horno y se programó al mismo para que las muestras sean extraídas a una temperatura de 50 °C durante un tiempo de 120 minutos, considerando que fueron pesadas a los 10', 20', 45', 60', 90', 100' y 120', es decir el ensayo duró a la temperatura indicada dos horas.

Cabe recalcar que el mismo procedimiento anteriormente mencionado se lo realizó elevando las temperaturas de secado, con lo que se realizaron a los 50 °C, 100 °C, 200 °C, 300 °C y 350 °C, a los tiempos anteriormente mencionados. Posteriormente por diferencias de pesos, se determina el porcentaje de humedad inicial, mediante la aplicación de la *ecuación 4.1*.

**TABLA 4.35** Recolección de pesos de E7018 Temperatura de 50 °C

MUESTRA	PESO (Kg.) 10 Min	PESO (Kg.) 30 Min	PESO (Kg.) 45 Min	PESO (Kg.) 60 Min
1	0,0364	0,0363	0,0361	0,036
2	0,0365	0,0364	0,0362	0,0359
3	0,0364	0,0365	0,0361	0,0359
4	0,0365	0,0362	0,036	0,0358
5	0,0367	0,0362	0,0361	0,0359
6	0,0364	0,0362	0,036	0,0358
7	0,0365	0,0363	0,0362	0,0359
8	0,0364	0,0364	0,036	0,0358
9	0,0365	0,0363	0,0361	0,0359
10	0,0366	0,0362	0,0361	0,0358
11	0,0364	0,0363	0,036	0,0359
12	0,0365	0,0362	0,0361	0,0358
13	0,0364	0,0363	0,0361	0,0359
14	0,0365	0,0362	0,0361	0,0358
15	0,0366	0,0362	0,036	0,0359
16	0,0364	0,0362	0,0361	0,0358
17	0,0365	0,0362	0,036	0,0359
18	0,0367	0,0363	0,0361	0,0358
19	0,0364	0,0364	0,0361	0,0359
20	0,0365	0,0362	0,036	0,0358
21	0,0364	0,0362	0,0361	0,0359
22	0,0365	0,0363	0,0361	0,0358
23	0,0364	0,0364	0,0361	0,0359
24	0,0365	0,0362	0,0361	0,0358
<b>PROMEDIO</b>	<b>0,036483333</b>	<b>0,036275</b>	<b>0,036079167</b>	<b>0,035858333</b>

Fuente: Realizado por el autor

**TABLA 4.35** Recolección de pesos de E7018 Temperatura de 50 °C

(Continuación)

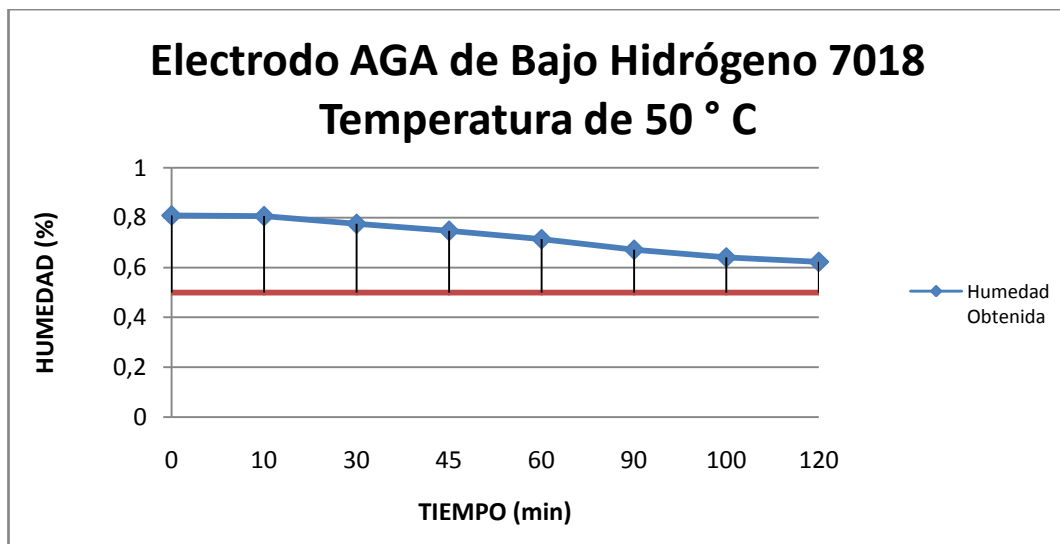
<b>MUESTRA</b>	<b>PESO (Kg.) 90 Min</b>	<b>PESO (Kg.) 100 Min</b>	<b>PESO (Kg.) 120 Min</b>
1	0,0356	0,0355	0,0352
2	0,0355	0,0354	0,0353
3	0,0355	0,0354	0,0352
4	0,0357	0,0354	0,0353
5	0,0355	0,0353	0,0352
6	0,0356	0,0353	0,0353
7	0,0357	0,0353	0,0354
8	0,0355	0,0353	0,0352
9	0,0355	0,0353	0,0353
10	0,0356	0,0354	0,0352
11	0,0355	0,0353	0,0352
12	0,0356	0,0353	0,0352
13	0,0357	0,0354	0,0352
14	0,0355	0,0354	0,0352
15	0,0355	0,0354	0,0352
16	0,0355	0,0354	0,0354
17	0,0356	0,0354	0,0352
18	0,0356	0,0353	0,0352
19	0,0356	0,0354	0,0353
20	0,0355	0,0353	0,0352
21	0,0356	0,0354	0,0352
22	0,0355	0,0354	0,0352
23	0,0356	0,0353	0,0352
24	0,0356	0,0353	0,0352
<b>PROMEDIO</b>	<b>0,035566667</b>	<b>0,035358333</b>	<b>0,0352375</b>

**Fuente:** Realizado por el autor

**TABLA 4.36** Tabulación de Humedad Frente a tiempo E7018 Temperatura de 50 °C

HUMEDAD (%)	TIEMPO (min.)	PROMEDIO
0,8088	0	0,0365
0,8063	10	0,03648333
0,7757	20	0,036275
0,7469	45	0,03607917
0,7144	60	0,03585833
0,6714	90	0,03556667
0,6408	100	0,03535833
0,6231	120	0,0352375

**Fuente:** Realizado por el autor



**Gráfico 4.19** Tendencia tiempo vs humedad E7018 Temperatura de 50 °C

**Fuente:** Realizado por el autor

**TABLA 4.37** Recolección de pesos de E7018 Temperatura de 100 °C

MUESTRA	PESO (Kg.) 10 Min	PESO (Kg.) 30 Min	PESO (Kg.) 45 Min	PESO (Kg.) 60 Min
1	0,0363	0,0361	0,036	0,0355
2	0,0363	0,036	0,036	0,0353
3	0,0364	0,036	0,0358	0,0354
4	0,0364	0,0361	0,0359	0,0353
5	0,0364	0,0362	0,036	0,0354
6	0,0365	0,0361	0,036	0,0354
7	0,0362	0,0362	0,0358	0,0353
8	0,0363	0,0362	0,0359	0,0353
9	0,0363	0,0362	0,036	0,0354
10	0,0365	0,036	0,036	0,0353
11	0,0364	0,036	0,036	0,0352
12	0,0364	0,036	0,0358	0,0354
13	0,0362	0,0361	0,0359	0,0354
14	0,0365	0,0362	0,0358	0,0353
15	0,0364	0,0363	0,0359	0,0354
16	0,0362	0,0361	0,036	0,0355
17	0,0364	0,0363	0,0357	0,0354
18	0,0364	0,0363	0,0359	0,0353
19	0,0362	0,0362	0,036	0,0354
20	0,0364	0,0361	0,036	0,0353
21	0,0362	0,0362	0,036	0,0353
22	0,0364	0,0363	0,036	0,0354
23	0,0364	0,0361	0,0358	0,0354
24	0,0364	0,0361	0,0359	0,0355
<b>PROMEDIO</b>	<b>0,036354167</b>	<b>0,036141667</b>	<b>0,035920833</b>	<b>0,035366667</b>

**Fuente:** Realizado por el autor

**TABLA 4.37** Recolección de pesos de E7018 Temperatura de 100 °C  
(Continuación)

<b>MUESTRA</b>	<b>PESO (Kg.) 90 Min</b>	<b>PESO (Kg.) 100 Min</b>	<b>PESO (Kg.) 120 Min</b>
1	0,0351	0,0347	0,0348
2	0,0351	0,0349	0,0347
3	0,035	0,0349	0,0348
4	0,0351	0,0348	0,0347
5	0,035	0,0348	0,0347
6	0,035	0,0349	0,0349
7	0,0351	0,0348	0,0347
8	0,0351	0,0347	0,0348
9	0,035	0,0347	0,0346
10	0,0352	0,0348	0,0347
11	0,035	0,0347	0,0346
12	0,035	0,0349	0,0348
13	0,0351	0,0348	0,0349
14	0,0351	0,0349	0,0346
15	0,0352	0,0349	0,0347
16	0,0352	0,0347	0,0347
17	0,035	0,0347	0,0346
18	0,0351	0,0348	0,0347
19	0,0352	0,0347	0,0346
20	0,035	0,0349	0,0348
21	0,0351	0,0349	0,0348
22	0,0352	0,0347	0,0349
23	0,0351	0,0348	0,0347
24	0,035	0,0349	0,0348
<b>PROMEDIO</b>	<b>0,035083333</b>	<b>0,034804167</b>	<b>0,034733333</b>

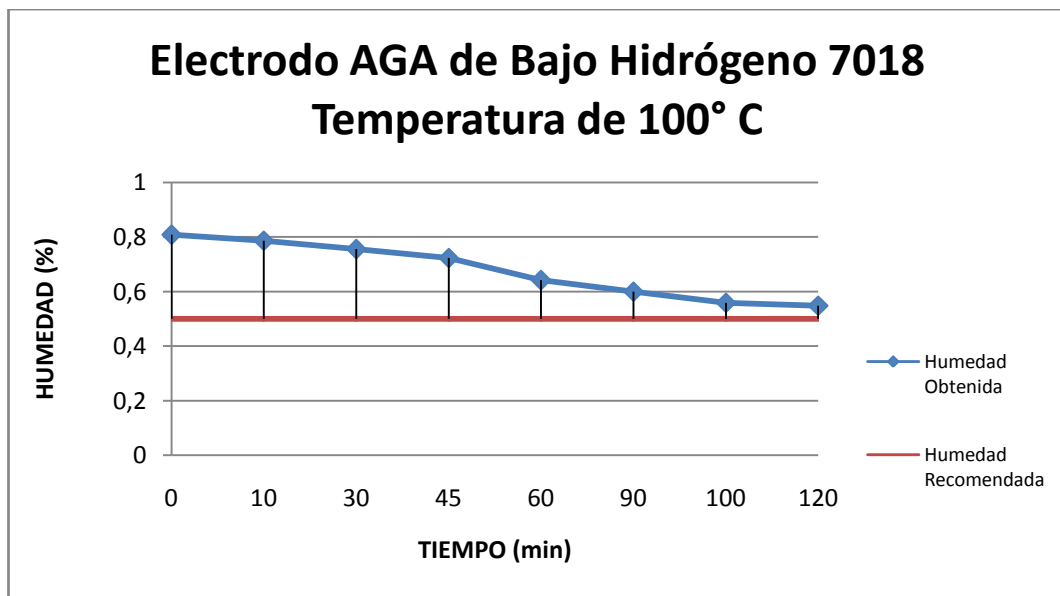
**Fuente:** Realizado por el autor



**TABLA 4.38** Tabulación de Humedad Frente a tiempo E7018 Temperatura de 100 °C

HUMEDAD (%)	TIEMPO (min.)	PROMEDIO
0,8088	0	0,0365
0,7873	10	0,03635417
0,756	20	0,03614167
0,7236	45	0,03592083
0,642	60	0,03536667
0,6004	90	0,03508333
0,5594	100	0,03480417
0,5489	120	0,03473333

**Fuente:** Realizado por el autor



**Gráfico 4.20** Tendencia tiempo vs humedad E7018 Temperatura de 100 °C

**Fuente:** Realizado por el autor

**TABLA 4.39** Recolección de pesos de E7018 Temperatura de 200 °C

MUESTRA	PESO (Kg.) 10 Min	PESO (Kg.) 30 Min	PESO (Kg.) 45 Min	PESO (Kg.) 60 Min
1	0,0363	0,036	0,0357	0,0353
2	0,0362	0,0361	0,0356	0,035
3	0,0364	0,036	0,0357	0,0353
4	0,0362	0,036	0,0358	0,0351
5	0,0362	0,036	0,0357	0,0353
6	0,0362	0,0359	0,0358	0,0351
7	0,0362	0,036	0,0357	0,0352
8	0,0364	0,036	0,0356	0,0352
9	0,0362	0,036	0,0357	0,0351
10	0,0363	0,036	0,0358	0,0353
11	0,0362	0,036	0,0357	0,0351
12	0,0364	0,036	0,0358	0,0353
13	0,0362	0,0359	0,0359	0,035
14	0,0364	0,036	0,0357	0,0353
15	0,0362	0,0361	0,0358	0,0353
16	0,0363	0,0359	0,0358	0,0353
17	0,0363	0,036	0,0359	0,0351
18	0,0362	0,0361	0,0357	0,0351
19	0,0363	0,0359	0,0358	0,0353
20	0,0363	0,036	0,0357	0,0353
21	0,0364	0,036	0,0358	0,0351
22	0,0364	0,0361	0,0357	0,0352
23	0,0363	0,0359	0,0358	0,035
24	0,0363	0,0359	0,0359	0,0353
<b>PROMEDIO</b>	<b>0,036283333</b>	<b>0,035991667</b>	<b>0,035754167</b>	<b>0,035191667</b>

**Fuente:** Realizado por el autor

**TABLA 4.39** Recolección de pesos de E7018 Temperatura de 200 °C

(Continuación)

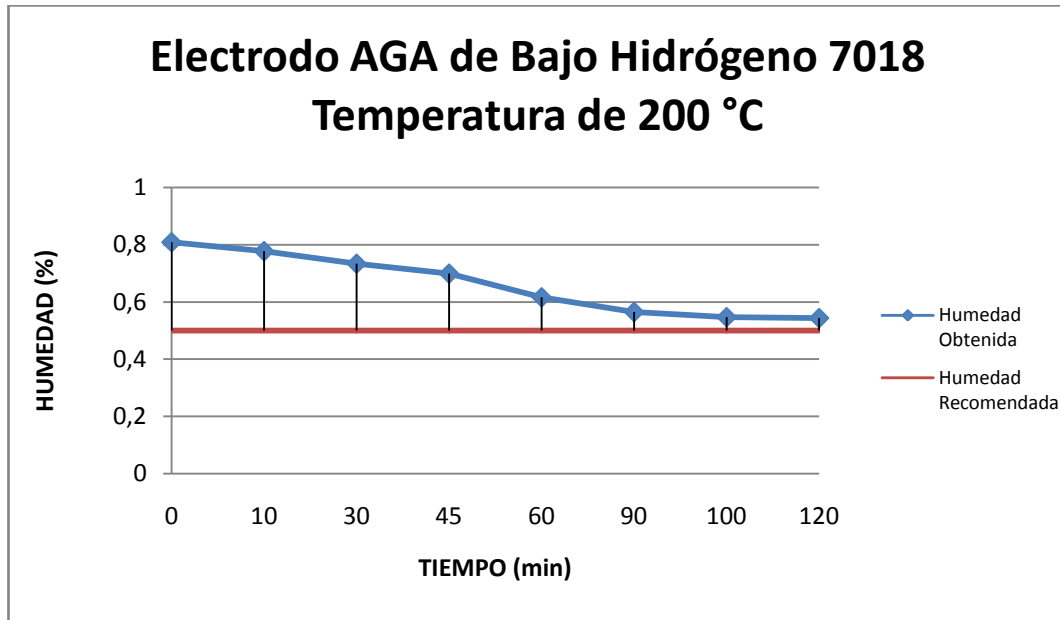
MUESTRA	PESO (Kg.) 90 Min	PESO (Kg.) 100 Min	PESO (Kg.) 120 Min
1	0,0349	0,0348	0,0347
2	0,035	0,0347	0,0347
3	0,0348	0,0347	0,0348
4	0,0349	0,0347	0,0346
5	0,0347	0,0347	0,0348
6	0,0347	0,0346	0,0348
7	0,0347	0,0347	0,0347
8	0,0349	0,0347	0,0346
9	0,0349	0,0346	0,0347
10	0,0349	0,0347	0,0347
11	0,0348	0,0348	0,0347
12	0,0349	0,0348	0,0348
13	0,0349	0,0348	0,0347
14	0,0347	0,0347	0,0347
15	0,035	0,0346	0,0347
16	0,0347	0,0347	0,0348
17	0,035	0,0348	0,0346
18	0,0349	0,0347	0,0347
19	0,0347	0,0347	0,0348
20	0,0349	0,0348	0,0347
21	0,0349	0,0347	0,0345
22	0,0349	0,0348	0,0347
23	0,0347	0,0347	0,0345
24	0,0347	0,0348	0,0347
<b>PROMEDIO</b>	<b>0,0348375</b>	<b>0,034720833</b>	<b>0,034695833</b>

**Fuente:** Realizado por el autor

**TABLA 4.40** Tabulación de Humedad Frente a tiempo E7018 Temperatura de 200 °C

HUMEDAD (%)	TIEMPO (min.)	PROMEDIO
0,8088	0	0,0365
0,7769	10	0,03628333
0,7339	30	0,03599167
0,6991	45	0,03575417
0,6163	60	0,03519167
0,5642	90	0,0348375
0,547	100	0,03472083
0,5434	120	0,03469583

**Fuente:** Realizado por el autor



**Gráfico 4.21** Tendencia tiempo vs humedad E7018 Temperatura de 200 °C

**Fuente:** Realizado por el autor

**TABLA 4.41** Recolección de pesos de E7018 Temperatura de 300 °C

MUESTRA	PESO (Kg.) 10 Min	PESO (Kg.) 30 Min	PESO (Kg.) 45 Min	PESO (Kg.) 60 Min
1	0,0361	0,0358	0,0355	0,0351
2	0,0359	0,0358	0,0356	0,0349
3	0,036	0,0358	0,0355	0,0351
4	0,0361	0,0357	0,0356	0,0351
5	0,0359	0,0357	0,0355	0,035
6	0,036	0,0359	0,0356	0,0351
7	0,036	0,0356	0,0355	0,035
8	0,0359	0,0358	0,0356	0,0351
9	0,0361	0,0356	0,0357	0,0351
10	0,0361	0,0358	0,0356	0,035
11	0,0359	0,0356	0,0356	0,0351
12	0,0359	0,0359	0,0355	0,0351
13	0,036	0,0357	0,0356	0,0351
14	0,0361	0,0356	0,0356	0,0351
15	0,036	0,0357	0,0356	0,035
16	0,0361	0,0356	0,0357	0,035
17	0,0361	0,0356	0,0355	0,035
18	0,0359	0,0359	0,0356	0,035
19	0,036	0,0356	0,0357	0,035
20	0,036	0,0356	0,0357	0,035
21	0,0359	0,0356	0,0357	0,0351
22	0,036	0,0356	0,0356	0,0351
23	0,036	0,0359	0,0356	0,035
24	0,036	0,0356	0,0356	0,0351
<b>PROMEDIO</b>	<b>0,036</b>	<b>0,035708333</b>	<b>0,035595833</b>	<b>0,03505</b>

**Fuente:** Realizado por el autor

**TABLA 4.41** Recolección de pesos de E7018 Temperatura de 300 °C  
(Continuación)

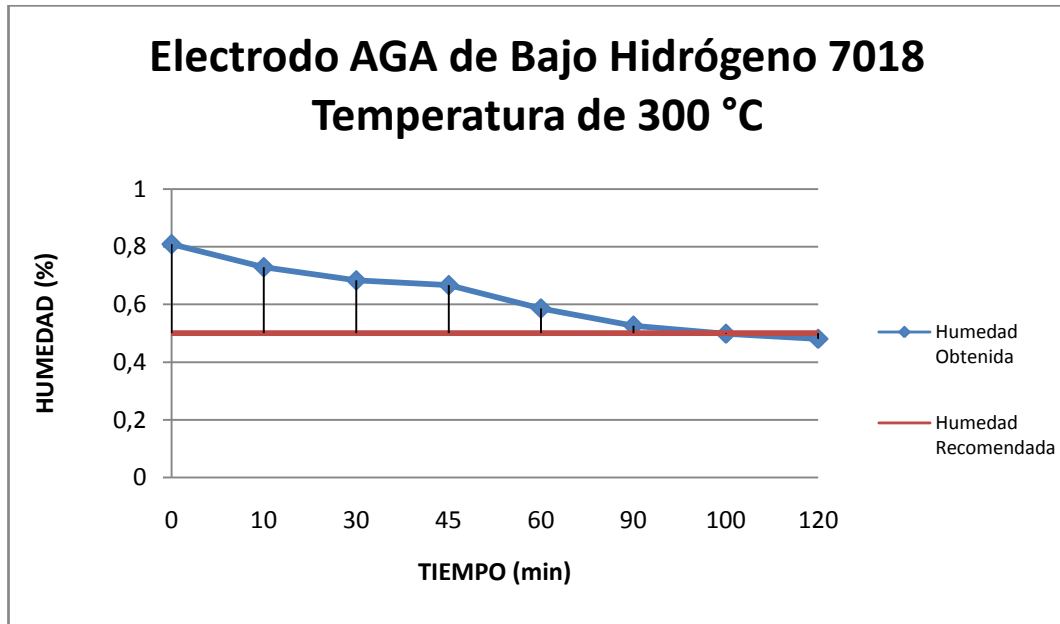
<b>MUESTRA</b>	<b>PESO (Kg.) 90 Min</b>	<b>PESO (Kg.) 100 Min</b>	<b>PESO (Kg.) 120 Min</b>
1	0,0347	0,0345	0,0344
2	0,0347	0,0345	0,0344
3	0,0347	0,0345	0,0344
4	0,0346	0,0344	0,0343
5	0,0347	0,0345	0,0343
6	0,0346	0,0345	0,0343
7	0,0347	0,0344	0,0343
8	0,0347	0,0345	0,0344
9	0,0346	0,0345	0,0344
10	0,0346	0,0345	0,0344
11	0,0346	0,0345	0,0344
12	0,0347	0,0345	0,0343
13	0,0346	0,0344	0,0344
14	0,0347	0,0345	0,0343
15	0,0346	0,0345	0,0344
16	0,0348	0,0345	0,0343
17	0,0347	0,0345	0,0343
18	0,0346	0,0345	0,0344
19	0,0347	0,0345	0,0344
20	0,0346	0,0345	0,0342
21	0,0346	0,0344	0,0343
22	0,0346	0,0344	0,0344
23	0,0346	0,0345	0,0343
24	0,0348	0,0345	0,0344
<b>PROMEDIO</b>	<b>0,034658333</b>	<b>0,034479167</b>	<b>0,03435</b>

**Fuente:** Realizado por el autor

**TABLA 4.42** Tabulación de Humedad Frente a tiempo E7018 Temperatura de 300 °C

HUMEDAD (%)	TIEMPO (min.)	PROMEDIO
0,8088	0	0,0365
0,7289	10	0,036
0,6837	30	0,03570833
0,6671	45	0,03559583
0,5858	60	0,03505
0,5256	90	0,03465833
0,4984	100	0,03447917
0,4804	120	0,03435

**Fuente:** Realizado por el autor



**Gráfico 4.22** Tendencia tiempo vs humedad E7018 Temperatura de 300 °C

**Fuente:** Realizado por el autor

**TABLA 4.43** Recolección de pesos de E7018 Temperatura de 350 °C

MUESTRA	PESO (Kg.) 10 Min	PESO (Kg.) 30 Min	PESO (Kg.) 45 Min	PESO (Kg.) 60 Min
1	0,0359	0,0356	0,0354	0,0348
2	0,0358	0,0355	0,0353	0,0349
3	0,0358	0,0356	0,0354	0,0349
4	0,0358	0,0355	0,0352	0,0349
5	0,0358	0,0356	0,0352	0,0349
6	0,0358	0,0355	0,0354	0,0349
7	0,0359	0,0355	0,0354	0,0348
8	0,0358	0,0355	0,0352	0,0349
9	0,0358	0,0356	0,0353	0,0348
10	0,0358	0,0355	0,0353	0,0347
11	0,0358	0,0356	0,0353	0,0347
12	0,0358	0,0356	0,0352	0,0348
13	0,0358	0,0355	0,0352	0,0347
14	0,0358	0,0355	0,0352	0,0347
15	0,0358	0,0355	0,0352	0,0347
16	0,0358	0,0355	0,0352	0,0347
17	0,0359	0,0355	0,0352	0,0349
18	0,0358	0,0355	0,0353	0,0349
19	0,0358	0,0355	0,0352	0,0348
20	0,0358	0,0355	0,0352	0,0348
21	0,0358	0,0355	0,0352	0,0348
22	0,0359	0,0356	0,0352	0,0348
23	0,0359	0,0355	0,0351	0,0348
24	0,0358	0,0355	0,0352	0,0347
<b>PROMEDIO</b>	0,035820833	0,035529167	0,03525	0,034804167

**Fuente:** Realizado por el autor



**TABLA 4.43** Recolección de pesos de E7018 Temperatura de 350 °C  
(Continuación)

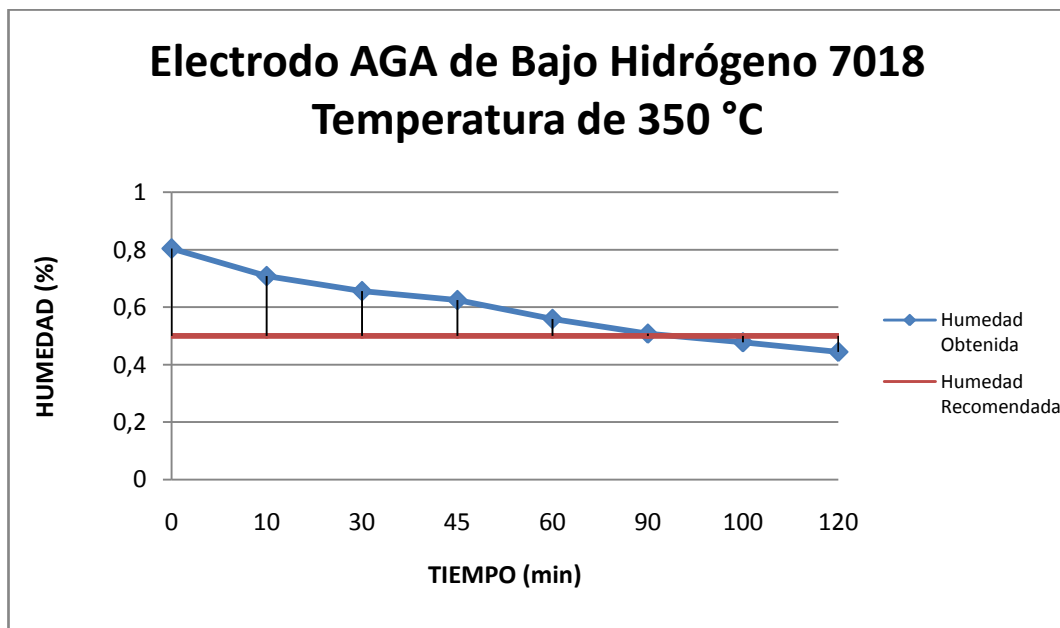
MUESTRA	PESO (Kg.) 90 Min	PESO (Kg.) 100 Min	PESO (Kg.) 120 Min
1	0,0345	0,0343	0,0341
2	0,0345	0,0342	0,0342
3	0,0344	0,0343	0,0343
4	0,0344	0,0343	0,0341
5	0,0344	0,0343	0,0341
6	0,0345	0,0343	0,0342
7	0,0344	0,0342	0,0342
8	0,0345	0,0342	0,0342
9	0,0345	0,0342	0,0341
10	0,0344	0,0341	0,0342
11	0,0344	0,0343	0,0341
12	0,0344	0,0343	0,0343
13	0,0345	0,0343	0,0342
14	0,0344	0,0342	0,0343
15	0,0345	0,0343	0,0341
16	0,0346	0,0343	0,0343
17	0,0345	0,0342	0,0341
18	0,0344	0,0342	0,0341
19	0,0344	0,0343	0,0341
20	0,0346	0,0342	0,0342
21	0,0344	0,0343	0,0342
22	0,0344	0,0342	0,0341
23	0,0345	0,0342	0,0341
24	0,0345	0,0343	0,0341
<b>PROMEDIO</b>	0,034458333	0,03425	0,034166667

**Fuente:** Realizado por el autor

**TABLA 4.44** Tabulación de Humedad Frente a tiempo E7018 Temperatura de 350 °C

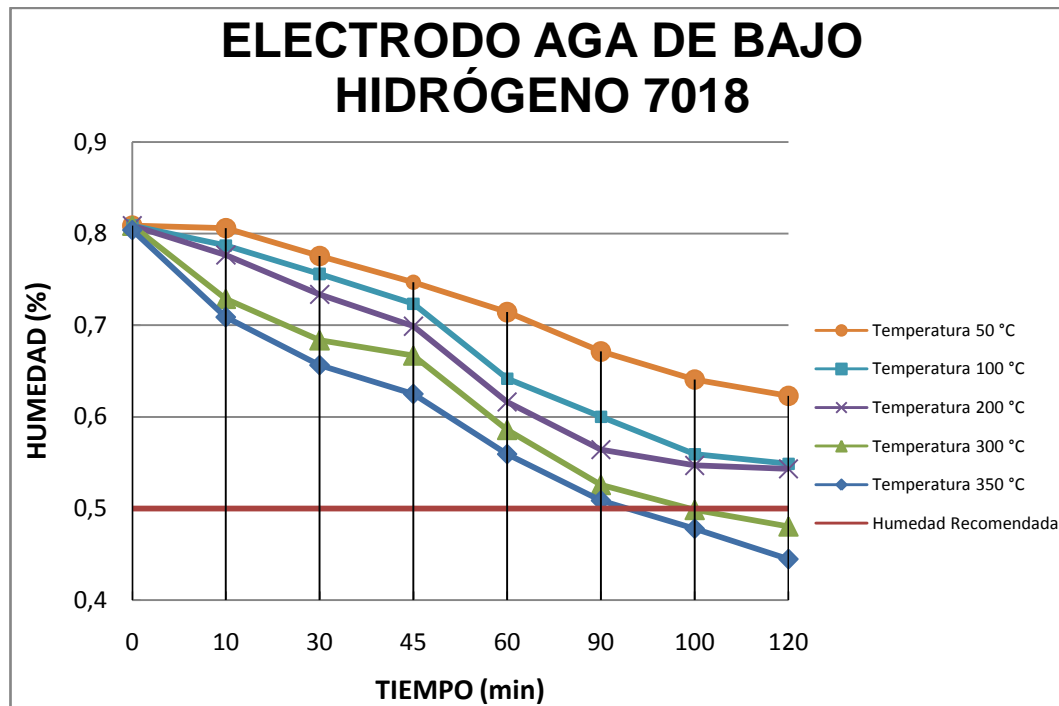
HUMEDAD (%)	TIEMPO (min.)	PROMEDIO
0,8042	0	0,0365
0,7088	10	0,03582083
0,6566	30	0,03552917
0,625	45	0,03525
0,5594	60	0,03480417
0,5085	90	0,03445833
0,4779	100	0,03425
0,4445	120	0,03416667

**Fuente:** Realizado por el autor



**Gráfico 4.23** Tendencia tiempo vs humedad E7018 Temperatura de 350 °C

**Fuente:** Realizado por el autor



**Gráfico 4.24** Tendencia tiempo vs humedad Electrodo AGA 7018

**Fuente:** Realizado por el autor

### Conclusión

De los datos obtenidos puede observar que en el intervalo de 120 minutos a una temperatura de 300 °C, el valor del contenido de humedad relativa es de 0,4804 %, valor que se encuentra como permisible por la norma.

En tanto que a la temperatura de 350 °C, al minuto 90 se logra llegar a un valor de humedad de 0.5085 %; conforme sigue transcurriendo el tiempo al minuto 100, se logra bajar de manera considerable la humedad hasta el valor de 0.4779 %, valor considerado como óptimo para soldar con este tipo de electrodo revestido; sin embargo no conforme se continuó con el incremento de tiempo de permanencia hasta los 120 minutos, con lo que finalmente se logró obtener un valor de 0,4445 %, valor que está dentro del recomendado por la norma.

**b) Toma de datos con electrodo tipo Rutílico (AGA E6013) dejado a la intemperie**

Para realizar el ensayo con este tipo de electrodo se procedió de manera similar como con los anteriores ensayos, pesando inicialmente el electrodo que permaneció en el ambiente durante un periodo de 2 semanas, para posteriormente proceder a programar al equipo de secado a una temperatura de 150° C durante 1 hora, con lo que se obtuvieron los siguientes resultados:

**TABLA 4.45** Pesaje E6013 dejados a la intemperie durante un periodo de 2 semanas

MUESTRA	Peso (Kg.)	MUESTRA	Peso (Kg.)	MUESTRA	Peso (Kg.)	MUESTRA	Peso (Kg.)
1	0,031	25	0,0308	49	0,0312	73	0,0312
2	0,0308	26	0,0308	50	0,0309	74	0,0308
3	0,0307	27	0,031	51	0,0309	75	0,0309
4	0,031	28	0,031	52	0,0308	76	0,0307
5	0,031	29	0,0312	53	0,0312	77	0,0309
6	0,031	30	0,031	54	0,0312	78	0,0311
7	0,0312	31	0,0312	55	0,0309	79	0,0312
8	0,0308	32	0,0307	56	0,0307	80	0,0312
9	0,0312	33	0,031	57	0,0312	81	0,0308
10	0,031	34	0,0312	58	0,0311	82	0,0309
11	0,031	35	0,0307	59	0,0309	83	0,0312
12	0,031	36	0,0312	60	0,0309	84	0,0309
13	0,0309	37	0,0312	61	0,0309	85	0,0311
14	0,0309	38	0,0309	62	0,0309	86	0,0311
15	0,0309	39	0,0308	63	0,0312	87	0,0312
16	0,0312	40	0,0309	64	0,0308	88	0,0308
17	0,0309	41	0,0309	65	0,0309	89	0,0309
18	0,0309	42	0,0307	66	0,0312	90	0,0307
19	0,0309	43	0,0309	67	0,0309	91	0,0312
20	0,0309	44	0,0309	68	0,0309	92	0,0308
21	0,0309	45	0,0306	69	0,0311	93	0,0309
22	0,0311	46	0,0309	70	0,0307	94	0,0307
23	0,0309	47	0,0309	71	0,0311	95	0,0309
24	0,0312	48	0,0309	72	0,0311	96	0,0311

**Fuente:** Realizado por el autor

**TABLA 4.45** Pesaje E6013 dejados a la intemperie durante un periodo de 2 semanas  
(Continuación)

MUESTRA	Peso (Kg.)	MUESTRA	Peso (Kg.)	MUESTRA	Peso (Kg.)
97	0,0312	121	0,0312	145	0,0312
98	0,0309	122	0,0308	146	0,0312
99	0,0307	123	0,0309	147	0,0312
100	0,0312	124	0,0307	148	0,0308
101	0,0312	125	0,0312	149	0,0312
102	0,0307	126	0,0311	150	0,0308
103	0,0309	127	0,031	151	0,0309
104	0,0311	128	0,0309	152	0,0307
105	0,0309	129	0,0309	153	0,0309
106	0,0307	130	0,0307	154	0,0311
107	0,0311	131	0,0309	155	0,0309
108	0,0309	132	0,0307	156	0,0309
109	0,0307	133	0,0309	157	0,0312
110	0,0309	134	0,0311	158	0,0308
111	0,0311	135	0,0309	159	0,0309
112	0,0309	136	0,0312	160	0,0312
113	0,0307	137	0,031	161	0,0309
114	0,0309	138	0,0309	162	0,0311
115	0,0311	139	0,0307	163	0,031
116	0,0309	140	0,0309	164	0,0309
117	0,0309	141	0,0309	165	0,0309
118	0,0307	142	0,0312	166	0,0312
119	0,0309	143	0,0309	167	0,0309
120	0,0311	144	0,0311	168	0,0312

**Fuente:** Realizado por el autor

Se obtuvo un promedio general de E6013 de 0,031 kilogramos por electrodo luego de haber sido dejados a la intemperie durante un periodo de 2 semanas asimilando condiciones de la fábrica, de los cuales al realizar la relación que el proveedor AGA indica en el *Anexo 7*, haciendo referencia se somete a pesar 33 electrodos 6013 para determinar el exceso de peso en relación al peso ideal que indica el proveedor, obteniéndose un valor de 1020,8 gramos; reflejándose un exceso de 20,8 gramos a lo que haciendo relación con el valor ideal tenemos un excedente de 1,15 electrodos, que es el valor que se refleja en humedad retenida en este caso.

Posteriormente por diferencias de pesos, se determina el porcentaje de humedad inicial, mediante la aplicación de la *ecuación 4.1*.

Cabe recalcar que para este ensayo de recuperación del revestimiento del electrodo se colocaron las probetas en el horno y se programó al mismo para que las muestras sean extraídas a una temperatura de 30 °C durante un tiempo de 1 hora, considerando que fueron pesadas a los 5', 10', 20', 30', 40', 50' y 60', es decir el ensayo duró a la temperatura indicada 1 hora.

Cabe recalcar que el mismo procedimiento anteriormente mencionado se lo realizó elevando las temperaturas de secado, con lo que se realizaron a los 30 °C, 45 °C, 60 °C, 100 °C y 150 °C, a los tiempos anteriormente mencionados.



**Figura 4.9** Pesaje en gramos de E6013 dejados a la intemperie

**Fuente:** Realizado por el autor



**Figura 4.10** Pesaje de 33 Electrodo 6013 dejados a la intemperie

**Fuente:** Realizado por el autor

**TABLA 4.46** Recolección de pesos de E6013 Temperatura de 30 °C

MUESTRA	PESO (Kg.) 5 Min	PESO (Kg.) 10 Min	PESO (Kg.) 20 Min	PESO (Kg.) 30 Min
1	0,0309	0,031	0,0309	0,031
2	0,031	0,031	0,0309	0,0309
3	0,0309	0,031	0,031	0,0309
4	0,0311	0,0309	0,0308	0,0308
5	0,0309	0,031	0,031	0,031
6	0,031	0,031	0,031	0,0308
7	0,0309	0,0309	0,0309	0,0309
8	0,0309	0,0309	0,0309	0,0308
9	0,031	0,0309	0,0308	0,0309
10	0,031	0,0309	0,031	0,0308
11	0,0309	0,031	0,031	0,031
12	0,0309	0,0309	0,031	0,0309
13	0,0309	0,0309	0,0309	0,031
14	0,0309	0,0309	0,0309	0,031
15	0,0309	0,031	0,0308	0,0308
16	0,031	0,0309	0,031	0,0308
17	0,0309	0,0309	0,0309	0,031
18	0,0309	0,0309	0,0309	0,0309
19	0,031	0,0309	0,031	0,031
20	0,031	0,0309	0,031	0,031
21	0,0309	0,0309	0,0309	0,031
22	0,031	0,031	0,031	0,031
23	0,031	0,031	0,0309	0,031
24	0,0309	0,031	0,031	0,031
<b>PROMEDIO</b>	<b>0,030945833</b>	<b>0,030941667</b>	<b>0,030933333</b>	<b>0,030925</b>

**Fuente:** Realizado por el autor

**TABLA 4.46** Recolección de pesos de E6013 Temperatura de 30 °C

(Continuación)

<b>MUESTRA</b>	<b>PESO (Kg.) 40 Min</b>	<b>PESO (Kg.) 50 Min</b>	<b>PESO (Kg.) 60 Min</b>
1	0,031	0,0308	0,0308
2	0,031	0,0309	0,0307
3	0,0309	0,0308	0,0307
4	0,031	0,0309	0,0309
5	0,0308	0,0308	0,0307
6	0,0309	0,0308	0,0309
7	0,0309	0,0309	0,0308
8	0,0308	0,0308	0,0308
9	0,0309	0,0308	0,0307
10	0,0309	0,0309	0,0308
11	0,0308	0,0308	0,0307
12	0,0309	0,0308	0,0308
13	0,0309	0,0309	0,0308
14	0,0309	0,0309	0,0308
15	0,0309	0,0309	0,0307
16	0,0309	0,0309	0,0308
17	0,0308	0,0309	0,0308
18	0,0309	0,0309	0,0309
19	0,0309	0,0309	0,0308
20	0,0309	0,0309	0,0309
21	0,0309	0,0309	0,0309
22	0,0308	0,0309	0,0308
23	0,031	0,0309	0,0309
24	0,0309	0,0309	0,0309
<b>PROMEDIO</b>	<b>0,030895833</b>	<b>0,030866667</b>	<b>0,030804167</b>

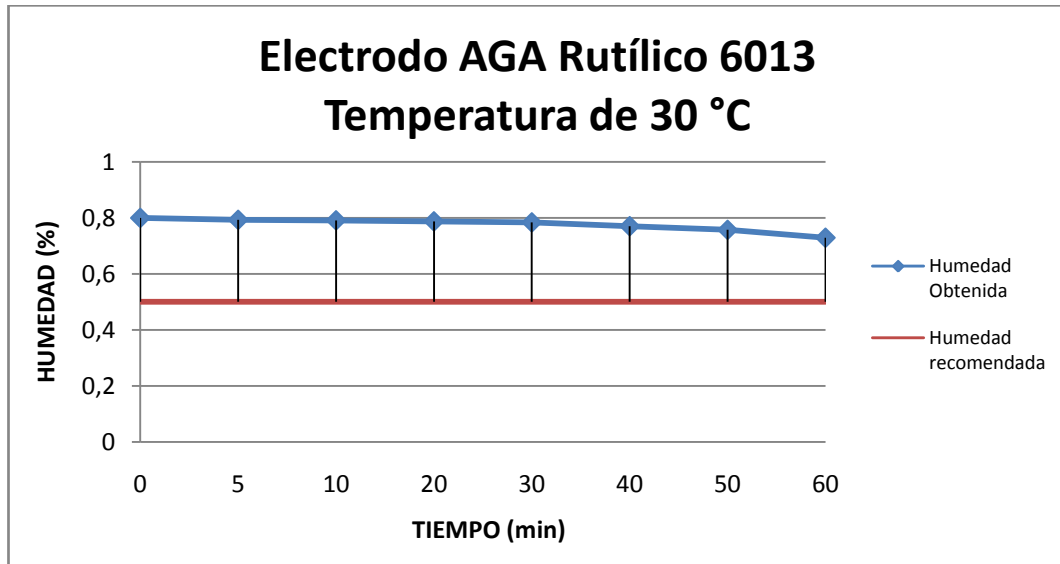
**Fuente:** Realizado por el autor



**TABLA 4.47** Tabulación de Humedad Frente a tiempo E6013 Temperatura de 30 °C

HUMEDAD (%)	TIEMPO (min.)	PROMEDIO
0,8	0	0,03096
0,79318	5	0,03094583
0,79136	10	0,03094167
0,78772	20	0,03093333
0,784	30	0,030925
0,77045	40	0,03089583
0,75727	50	0,03086667
0,72909	60	0,03080417

**Fuente:** Realizado por el autor



**Gráfico 4.25** Tendencia tiempo vs humedad E6013 Temperatura de 30 °C

**Fuente:** Realizado por el autor

**TABLA 4.48** Recolección de pesos de E6013 Temperatura de 45 °C

MUESTRA	PESO (Kg.) 5 Min	PESO (Kg.) 10 Min	PESO (Kg.) 20 Min	PESO (Kg.) 30 Min
1	0,0309	0,0309	0,031	0,0308
2	0,0309	0,031	0,0308	0,031
3	0,031	0,031	0,0309	0,0308
4	0,0309	0,0309	0,031	0,0309
5	0,031	0,031	0,031	0,0308
6	0,0309	0,0309	0,0309	0,031
7	0,0309	0,031	0,0309	0,0309
8	0,0309	0,0309	0,031	0,0308
9	0,0309	0,0309	0,0308	0,0309
10	0,0309	0,0309	0,0308	0,0309
11	0,031	0,031	0,0309	0,0308
12	0,0309	0,0309	0,0308	0,031
13	0,031	0,0309	0,031	0,0309
14	0,031	0,031	0,031	0,0308
15	0,031	0,0309	0,0309	0,0309
16	0,031	0,031	0,031	0,0308
17	0,0309	0,0309	0,0309	0,0309
18	0,031	0,031	0,0308	0,031
19	0,031	0,0309	0,031	0,0308
20	0,031	0,0309	0,0308	0,0309
21	0,031	0,031	0,031	0,0308
22	0,031	0,0309	0,031	0,0308
23	0,0309	0,031	0,0309	0,0309
24	0,0309	0,0309	0,0309	0,0309
<b>PROMEDIO</b>	<b>0,03095</b>	<b>0,030941667</b>	<b>0,030916667</b>	<b>0,030875</b>

**Fuente:** Realizado por el autor

**TABLA 4.48** Recolección de pesos de E6013 Temperatura de 45 °C

(Continuación)

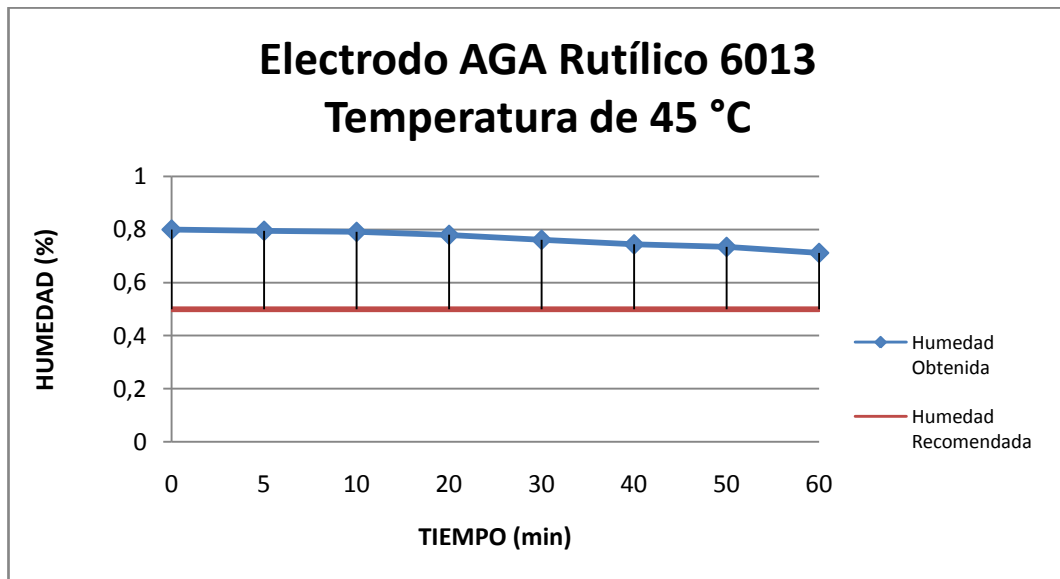
<b>MUESTRA</b>	<b>PESO (Kg.) 40 Min</b>	<b>PESO (Kg.) 50 Min</b>	<b>PESO (Kg.) 60 Min</b>
1	0,0309	0,0307	0,0307
2	0,0309	0,0308	0,0308
3	0,0308	0,0308	0,0307
4	0,0308	0,0307	0,0308
5	0,0308	0,0308	0,0307
6	0,0309	0,0309	0,0308
7	0,0308	0,0308	0,0308
8	0,0309	0,0309	0,0307
9	0,0308	0,0308	0,0308
10	0,0307	0,0309	0,0308
11	0,0308	0,0308	0,0307
12	0,0309	0,0309	0,0308
13	0,0308	0,0309	0,0308
14	0,0308	0,0308	0,0308
15	0,0309	0,0309	0,0308
16	0,0308	0,0308	0,0307
17	0,0308	0,0308	0,0308
18	0,0309	0,0308	0,0308
19	0,0308	0,0309	0,0307
20	0,0309	0,0307	0,0308
21	0,0307	0,0308	0,0307
22	0,0309	0,0309	0,0308
23	0,0309	0,0308	0,0308
24	0,0309	0,0307	0,0308
<b>PROMEDIO</b>	<b>0,0308375</b>	<b>0,030816667</b>	<b>0,030766667</b>

**Fuente:** Realizado por el autor

**TABLA 4.49** Tabulación de Humedad Frente a tiempo E6013 Temperatura de 45 °C

HUMEDAD (%)	TIEMPO (min.)	PROMEDIO
0,8	0	0,03096
0,79545	5	0,03095
0,79136	10	0,03094167
0,78	20	0,03091667
0,76136	30	0,030875
0,74409	40	0,0308375
0,73454	50	0,03081667
0,71181	60	0,03076667

**Fuente:** Realizado por el autor



**Gráfico 4.26** Tendencia tiempo vs humedad E6013 Temperatura de 45 °C

**Fuente:** Realizado por el autor

**TABLA 4.50** Recolección de pesos de E6013 Temperatura de 60 °C

<b>MUESTRA</b>	<b>PESO (Kg.) 5 Min</b>	<b>PESO (Kg.) 10 Min</b>	<b>PESO (Kg.) 20 Min</b>	<b>PESO (Kg.) 30 Min</b>
1	0,0309	0,0309	0,0307	0,0307
2	0,0309	0,0309	0,0309	0,0307
3	0,0309	0,0308	0,0309	0,0308
4	0,0309	0,0308	0,0308	0,0308
5	0,0308	0,0309	0,0309	0,0308
6	0,0309	0,0309	0,0307	0,0308
7	0,0308	0,0308	0,0308	0,0308
8	0,0309	0,0309	0,0308	0,0308
9	0,0309	0,0309	0,0309	0,0308
10	0,0309	0,0308	0,0308	0,0308
11	0,0308	0,0309	0,0308	0,0308
12	0,0309	0,0309	0,0308	0,0307
13	0,0309	0,0308	0,0308	0,0308
14	0,0309	0,0309	0,0308	0,0308
15	0,0309	0,0309	0,0308	0,0308
16	0,0309	0,0308	0,0309	0,0308
17	0,0309	0,0309	0,0308	0,0308
18	0,0308	0,0308	0,0308	0,0307
19	0,0308	0,0309	0,0308	0,0308
20	0,0309	0,0309	0,0308	0,0308
21	0,0309	0,0308	0,0308	0,0308
22	0,0308	0,0309	0,0307	0,0308
23	0,0309	0,0308	0,0309	0,0307
24	0,0309	0,0309	0,0307	0,0309
<b>PROMEDIO</b>	<b>0,030875</b>	<b>0,0308625</b>	<b>0,030808333</b>	<b>0,030783333</b>

**Fuente:** Realizado por el autor

**TABLA 4.50** Recolección de pesos de E6013 Temperatura de 60 °C

(Continuación)

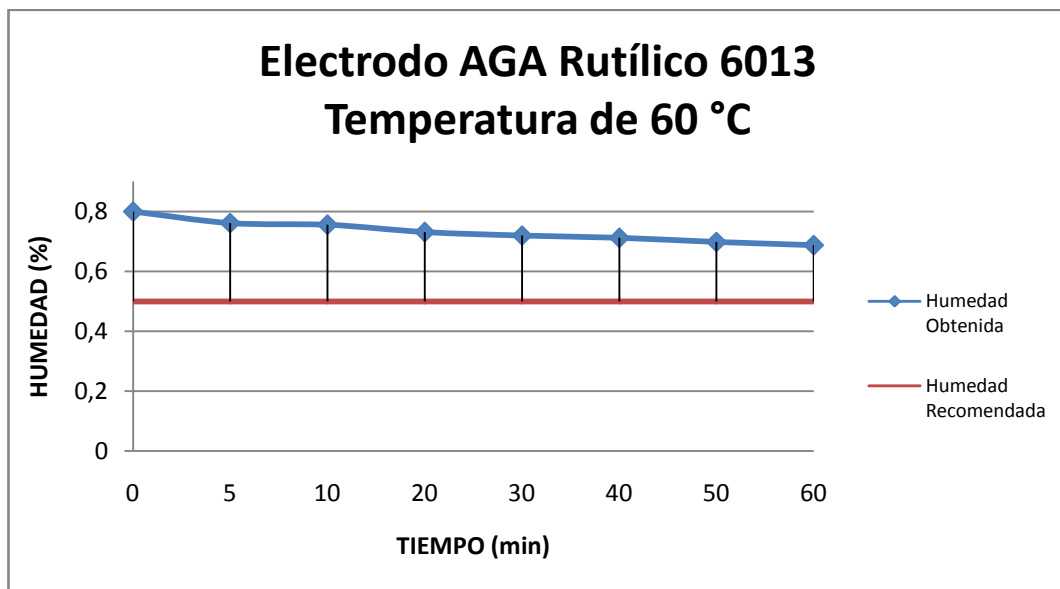
<b>MUESTRA</b>	<b>PESO (Kg.) 40 Min</b>	<b>PESO (Kg.) 50 Min</b>	<b>PESO (Kg.) 60 Min</b>
1	0,0307	0,0307	0,0308
2	0,0308	0,0308	0,0306
3	0,0307	0,0307	0,0307
4	0,0308	0,0307	0,0307
5	0,0307	0,0307	0,0307
6	0,0308	0,0307	0,0308
7	0,0308	0,0308	0,0308
8	0,0308	0,0307	0,0306
9	0,0308	0,0308	0,0307
10	0,0308	0,0307	0,0307
11	0,0308	0,0307	0,0307
12	0,0307	0,0307	0,0307
13	0,0308	0,0307	0,0307
14	0,0308	0,0307	0,0307
15	0,0308	0,0308	0,0308
16	0,0308	0,0307	0,0308
17	0,0308	0,0308	0,0307
18	0,0308	0,0307	0,0308
19	0,0308	0,0308	0,0307
20	0,0307	0,0308	0,0306
21	0,0307	0,0307	0,0307
22	0,0308	0,0308	0,0307
23	0,0307	0,0307	0,0307
24	0,0307	0,0308	0,0307
<b>PROMEDIO</b>	<b>0,03076667</b>	<b>0,0307375</b>	<b>0,0307125</b>

**Fuente:** Realizado por el autor

**TABLA 4.51** Tabulación de Humedad Frente a tiempo E6013 Temperatura de 60 °C

HUMEDAD (%)	TIEMPO (min.)	PROMEDIO
0,8	0	0,03096
0,76136	5	0,030875
0,75545	10	0,0308625
0,7309	20	0,03080833
0,71954	30	0,03078333
0,71181	40	0,03076667
0,69863	50	0,0307375
0,68727	60	0,0307125

**Fuente:** Realizado por el autor



**Gráfico 4.27** Tendencia tiempo vs humedad E6013 Temperatura de 60 °C

**Fuente:** Realizado por el autor

**TABLA 4.52** Recolección de pesos de E6013 Temperatura de 100 °C

<b>MUESTRA</b>	<b>PESO (Kg.) 5 Min</b>	<b>PESO (Kg.) 10 Min</b>	<b>PESO (Kg.) 20 Min</b>	<b>PESO (Kg.) 30 Min</b>
1	0,0309	0,0308	0,0306	0,0305
2	0,0308	0,0308	0,0307	0,0305
3	0,0309	0,0307	0,0306	0,0305
4	0,0308	0,0308	0,0307	0,0306
5	0,0308	0,0307	0,0307	0,0305
6	0,0309	0,0307	0,0308	0,0305
7	0,0308	0,0307	0,0306	0,0305
8	0,0309	0,0307	0,0307	0,0305
9	0,0309	0,0307	0,0306	0,0304
10	0,0308	0,0308	0,0307	0,0305
11	0,0308	0,0308	0,0307	0,0305
12	0,0308	0,0308	0,0307	0,0305
13	0,0308	0,0308	0,0307	0,0305
14	0,0309	0,0308	0,0308	0,0305
15	0,0308	0,0307	0,0306	0,0305
16	0,0308	0,0308	0,0307	0,0305
17	0,0308	0,0307	0,0307	0,0306
18	0,0308	0,0308	0,0308	0,0305
19	0,0308	0,0308	0,0306	0,0305
20	0,0308	0,0308	0,0307	0,0305
21	0,0308	0,0307	0,0307	0,0305
22	0,0308	0,0308	0,0307	0,0306
23	0,0308	0,0308	0,0307	0,0305
24	0,0308	0,0307	0,0308	0,0305
<b>PROMEDIO</b>	<b>0,030825</b>	<b>0,030758333</b>	<b>0,030691667</b>	<b>0,030508333</b>

**Fuente:** Realizado por el autor



**TABLA 4.52** Recolección de pesos de E6013 Temperatura de 100 °C  
(Continuación)

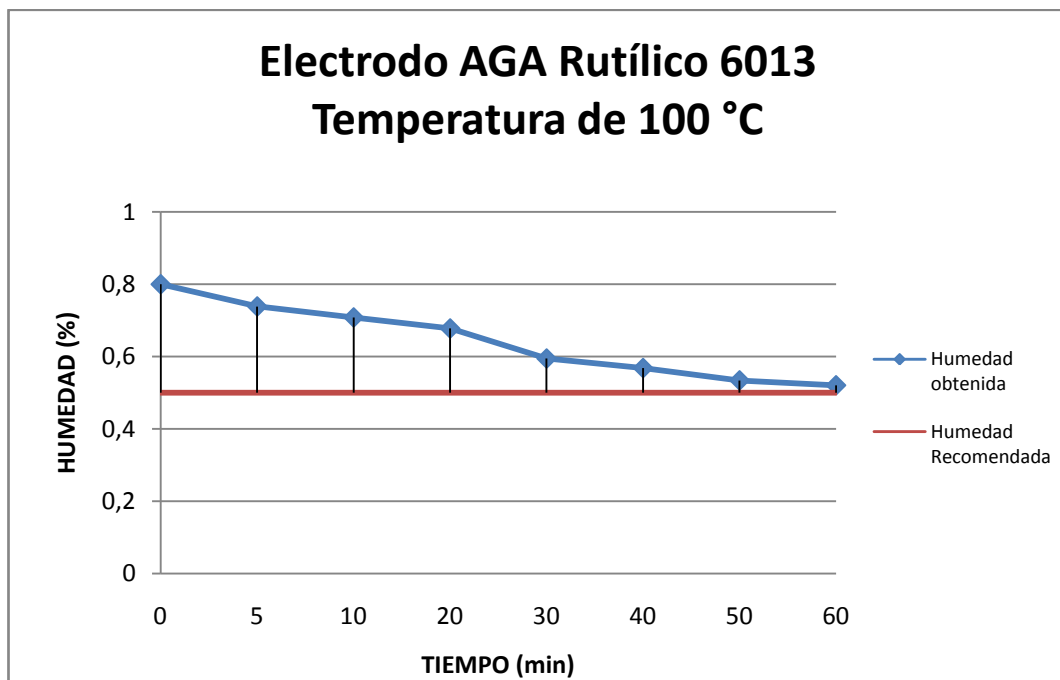
<b>MUESTRA</b>	<b>PESO (Kg.) 40 Min</b>	<b>PESO (Kg.) 50 Min</b>	<b>PESO (Kg.) 60 Min</b>
1	0,0304	0,0304	0,0303
2	0,0305	0,0304	0,0303
3	0,0305	0,0304	0,0303
4	0,0305	0,0303	0,0304
5	0,0304	0,0303	0,0302
6	0,0305	0,0304	0,0303
7	0,0304	0,0304	0,0304
8	0,0305	0,0304	0,0303
9	0,0304	0,0303	0,0304
10	0,0305	0,0304	0,0304
11	0,0305	0,0303	0,0303
12	0,0304	0,0303	0,0304
13	0,0305	0,0304	0,0304
14	0,0305	0,0304	0,0304
15	0,0305	0,0304	0,0304
16	0,0304	0,0304	0,0304
17	0,0304	0,0303	0,0303
18	0,0304	0,0304	0,0303
19	0,0304	0,0304	0,0304
20	0,0304	0,0304	0,0303
21	0,0304	0,0304	0,0303
22	0,0305	0,0304	0,0303
23	0,0304	0,0304	0,0304
24	0,0305	0,0304	0,0304
<b>PROMEDIO</b>	<b>0,03045</b>	<b>0,030375</b>	<b>0,030345833</b>

**Fuente:** Realizado por el autor

**TABLA 4.53** Tabulación de Humedad Frente a tiempo E6013 Temperatura de 100 °C

HUMEDAD (%)	TIEMPO (min.)	PROMEDIO
0,8	0	0,03096
0,73863	5	0,030825
0,70818	10	0,03075833
0,67772	20	0,03069167
0,59454	30	0,03050833
0,56818	40	0,03045
0,53409	50	0,030375
0,52045	60	0,03034583

**Fuente:** Realizado por el autor



**Gráfico 4.28** Tendencia tiempo vs humedad E6013 Temperatura de 100 °C

**Fuente:** Realizado por el autor

**TABLA 4.54** Recolección de pesos de E6013 Temperatura de 150 °C

MUESTRA	PESO (Kg.) 5 Min	PESO (Kg.) 10 Min	PESO (Kg.) 20 Min	PESO (Kg.) 30 Min
1	0,0307	0,0308	0,0306	0,0303
2	0,0308	0,0308	0,0307	0,0304
3	0,0308	0,0307	0,0307	0,0304
4	0,0308	0,0307	0,0306	0,0304
5	0,0307	0,0307	0,0306	0,0304
6	0,0307	0,0307	0,0307	0,0304
7	0,0308	0,0307	0,0307	0,0304
8	0,0308	0,0308	0,0307	0,0304
9	0,0308	0,0308	0,0307	0,0303
10	0,0307	0,0307	0,0306	0,0303
11	0,0308	0,0307	0,0307	0,0304
12	0,0308	0,0307	0,0307	0,0304
13	0,0308	0,0307	0,0306	0,0304
14	0,0307	0,0307	0,0307	0,0304
15	0,0308	0,0307	0,0307	0,0304
16	0,0308	0,0308	0,0307	0,0304
17	0,0308	0,0307	0,0307	0,0303
18	0,0307	0,0307	0,0306	0,0304
19	0,0308	0,0307	0,0307	0,0304
20	0,0307	0,0307	0,0307	0,0304
21	0,0308	0,0307	0,0307	0,0304
22	0,0308	0,0307	0,0306	0,0303
23	0,0308	0,0307	0,0307	0,0304
24	0,0307	0,0307	0,0307	0,0303
<b>PROMEDIO</b>	0,030766667	0,030720833	0,030670833	0,030375

**Fuente:** Realizado por el autor

**TABLA 4.54** Recolección de pesos de E6013 Temperatura de 150 °C

(Continuación)

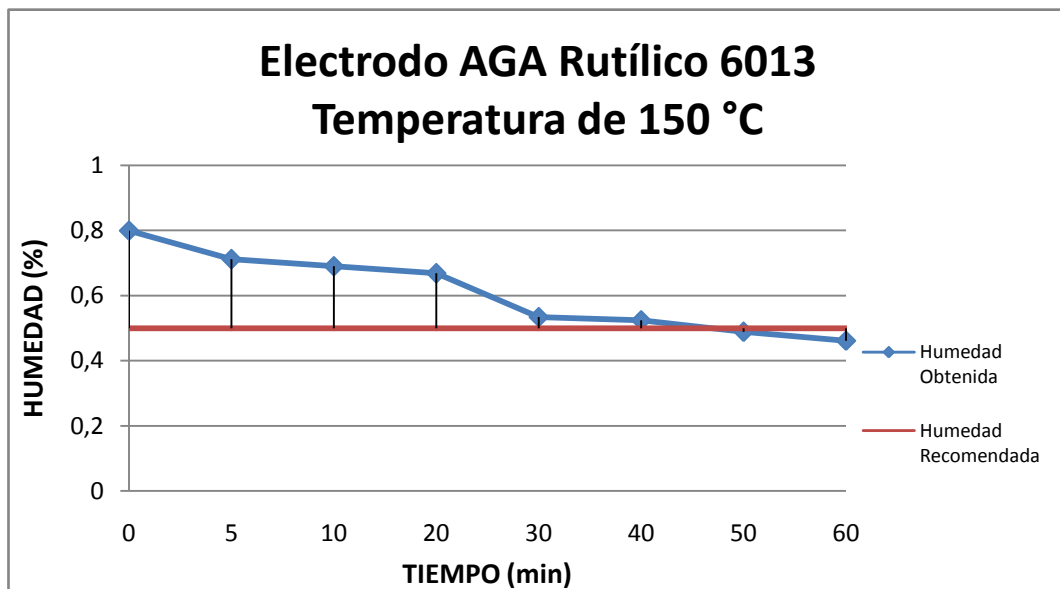
<b>MUESTRA</b>	<b>PESO (Kg.) 40 Min</b>	<b>PESO (Kg.) 50 Min</b>	<b>PESO (Kg.) 60 Min</b>
1	0,0304	0,0302	0,0302
2	0,0304	0,0302	0,0302
3	0,0304	0,0303	0,0303
4	0,0303	0,0303	0,0303
5	0,0304	0,0302	0,0302
6	0,0303	0,0303	0,0302
7	0,0304	0,0303	0,0302
8	0,0304	0,0303	0,0303
9	0,0303	0,0302	0,0302
10	0,0303	0,0303	0,0302
11	0,0304	0,0303	0,0302
12	0,0303	0,0303	0,0302
13	0,0303	0,0303	0,0302
14	0,0303	0,0303	0,0303
15	0,0304	0,0302	0,0302
16	0,0304	0,0302	0,0302
17	0,0303	0,0303	0,0302
18	0,0303	0,0303	0,0302
19	0,0304	0,0303	0,0301
20	0,0303	0,0303	0,0303
21	0,0304	0,0303	0,0302
22	0,0304	0,0303	0,0302
23	0,0303	0,0303	0,0302
24	0,0304	0,0303	0,0302
<b>PROMEDIO</b>	<b>0,030354167</b>	<b>0,030275</b>	<b>0,030216667</b>

**Fuente:** Realizado por el autor

**TABLA 4.55** Tabulación de Humedad Frente a tiempo E6013 Temperatura de 150 °C

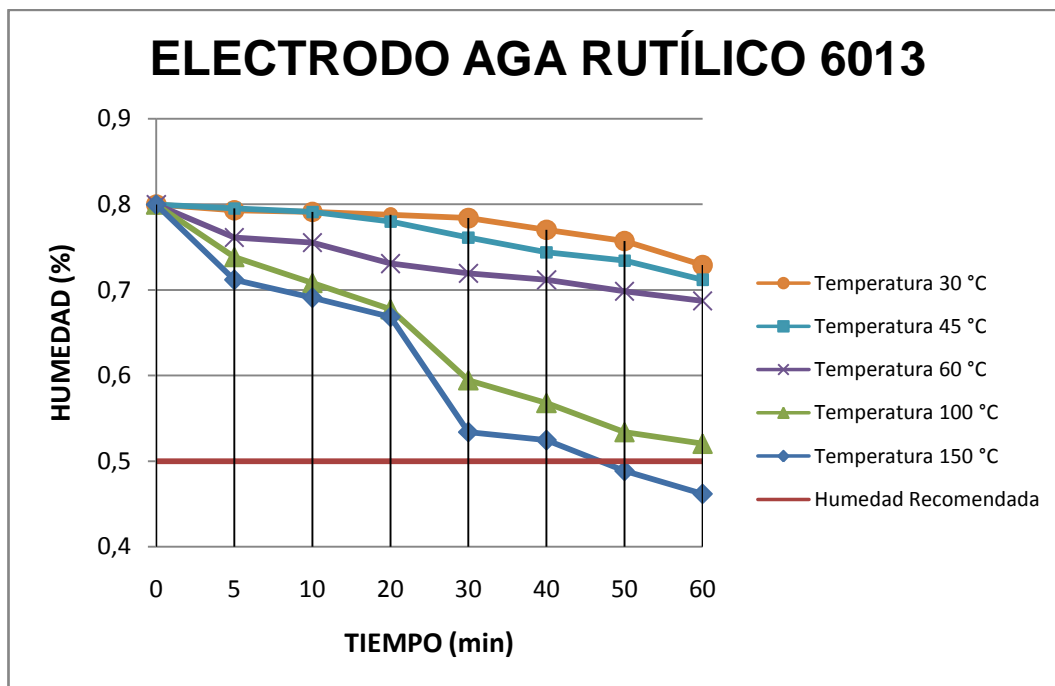
HUMEDAD (%)	TIEMPO (min.)	PROMEDIO
0,8	0	0,03096
0,71181	5	0,03076667
0,6909	10	0,03072083
0,66863	20	0,03067083
0,53409	30	0,030375
0,52454	40	0,03035417
0,48863	50	0,030275
0,46181	60	0,03021667

**Fuente:** Realizado por el autor



**Gráfico 4.29** Tendencia tiempo vs humedad E6013 Temperatura de 150 °C

**Fuente:** Realizado por el autor



**Gráfico 4.30** Tendencia tiempo vs humedad Electrodo AGA 6013

**Fuente:** Realizado por el autor

### Conclusión

Con este tipo de electrodo revestido a una temperatura de 100 °C en el transcurso de 60 minutos, se llega a un valor de 0,52045 %, que casi se acerca al recomendado por la norma.

Sin embargo, a la temperatura de 150 °C, a los minutos 50 y 60 se obtuvieron valores de 0,48863 % y 0,46181 %, que incluso están por debajo de los niveles máximos permitidos por la norma. Adicionalmente para demostrar esto se ha interpolado los valores obtenidos al tiempo de 1 hora con las temperaturas de 100 y 150 °C y se ha obtenido que para el rango de 120 °C de temperatura que es el valor mínimo de secado para este tipo de electrodo se llega a obtener un valor de humedad de 0.497 %, demostrándose los valores acorde a los de la norma con tiempo y temperaturas.

**c) Toma de datos con electrodo tipo Celulósico (AGA E6011) dejado a la intemperie**

Para realizar el ensayo con este tipo de electrodo se procedió de manera similar como con los anteriores ensayos, pesando inicialmente el electrodo que permaneció en el ambiente durante un periodo de 2 semanas, para posteriormente proceder a programar al equipo de secado a una temperatura de 100° C durante 1 hora, con lo que se obtuvieron los siguientes resultados:

**TABLA 4.56** Electrodo 6011 dejados a la intemperie durante 15 días

MUESTR A	Peso (Kg.)	MUESTR A	Peso (Kg.)	MUESTR A	Peso (Kg.)	MUESTR A	Peso (Kg.)
1	0,0269	25	0,0268	49	0,0269	73	0,0269
2	0,0268	26	0,0268	50	0,0268	74	0,0269
3	0,0269	27	0,0269	51	0,0269	75	0,0269
4	0,0268	28	0,0269	52	0,0267	76	0,0269
5	0,0268	29	0,0268	53	0,0268	77	0,0268
6	0,0268	30	0,0268	54	0,0269	78	0,0268
7	0,0269	31	0,0268	55	0,0268	79	0,0268
8	0,0269	32	0,0269	56	0,0269	80	0,0269
9	0,0269	33	0,0269	57	0,0269	81	0,0268
10	0,0268	34	0,0269	58	0,0269	82	0,0268
11	0,0268	35	0,0268	59	0,0268	83	0,0268
12	0,0267	36	0,0268	60	0,0269	84	0,0269
13	0,0268	37	0,0269	61	0,0268	85	0,0268
14	0,0268	38	0,0269	62	0,0269	86	0,0269
15	0,0269	39	0,0269	63	0,0267	87	0,0268
16	0,0269	40	0,0268	64	0,0269	88	0,0268
17	0,0269	41	0,0268	65	0,0269	89	0,0269
18	0,0268	42	0,0269	66	0,0268	90	0,0267
19	0,0269	43	0,0269	67	0,0267	91	0,0269
20	0,0268	44	0,0269	68	0,0268	92	0,0268
21	0,0268	45	0,0269	69	0,0269	93	0,0269
22	0,0268	46	0,0268	70	0,027	94	0,0268
23	0,0269	47	0,0268	71	0,0269	95	0,0267
24	0,0269	48	0,0268	72	0,027	96	0,0269

**Fuente:** Realizado por el autor

**TABLA 4.56** Electrodo 6011 dejados a la intemperie durante 15 días  
(Continuación)

MUESTRA	Peso (Kg.)	MUESTRA	Peso (Kg.)	MUESTRA	Peso (Kg.)
97	0,0268	121	0,0269	145	0,0269
98	0,0268	122	0,027	146	0,0268
99	0,0268	123	0,0269	147	0,0268
100	0,0268	124	0,0268	148	0,0269
101	0,0269	125	0,0269	149	0,0269
102	0,0269	126	0,0269	150	0,0268
103	0,0269	127	0,0268	151	0,0269
104	0,0269	128	0,0269	152	0,0269
105	0,0269	129	0,027	153	0,0268
106	0,0269	130	0,0269	154	0,0269
107	0,0268	131	0,0269	155	0,0268
108	0,0268	132	0,0268	156	0,0269
109	0,0269	133	0,0268	157	0,0269
110	0,0269	134	0,0268	158	0,027
111	0,0268	135	0,0268	159	0,0269
112	0,0269	136	0,0267	160	0,0269
113	0,027	137	0,0268	161	0,0267
114	0,0269	138	0,0269	162	0,0268
115	0,0268	139	0,0268	163	0,0269
116	0,0269	140	0,0269	164	0,0269
117	0,0268	141	0,0269	165	0,0269
118	0,0268	142	0,0269	166	0,0269
119	0,0268	143	0,0269	167	0,0268
120	0,0268	144	0,0269	168	0,0268

**Fuente:** Realizado por el autor

De los datos recolectados se obtuvo un promedio de 0,02685238 Kg., que dista del valor que se tiene por referencia por el fabricante AGA que nos da un peso de 0,02631 Kg por peso por electrodo, de tal manera que se procede con el reacondicionamiento de los mismos ubicándolos en el equipo de secado primeramente a la temperatura de 30 °C, posteriormente a una temperatura de 40, 60, 80 y 100 °C; considerando los siguientes tiempos para toma de muestras a los 5', 10', 20', 30', 40', 50' y 60'.



Adicionalmente, al hacer la relación por Kilogramo según recomienda el fabricante AGA en el *Anexo 7*, se tiene una relación de 38 electrodos 6011 por Kilogramo; al realizar el pesaje respectivo mediante la relación dada se obtuvo un valor de 1020,5, con lo que se dedujo que se tiene un exceso de 20,5 gramos, que se tendría expresado en 0,8 electrodos en exceso de humedad.



**Figura 4.11** Pesaje en gramos de E6011 dejado a la intemperie

**Fuente:** Realizado por el autor



**Figura 4.12** Pesaje de 38 Electrodos 6011 dejados a la intemperie

**Fuente:** Realizado por el autor

**TABLA 4.57** Recolección de pesos de E6011 Temperatura de 30 °C

<b>MUESTRA</b>	<b>PESO (Kg.) 5 Min</b>	<b>PESO (Kg.) 10 Min</b>	<b>PESO (Kg.) 20 Min</b>	<b>PESO (Kg.) 30 Min</b>
1	0,0269	0,0268	0,0269	0,0268
2	0,0269	0,0269	0,0268	0,0267
3	0,0268	0,0268	0,0268	0,0268
4	0,0269	0,0268	0,0267	0,0267
5	0,0268	0,0269	0,0268	0,0268
6	0,0268	0,0268	0,0268	0,0268
7	0,0268	0,0268	0,0268	0,0268
8	0,0268	0,0268	0,0269	0,0269
9	0,0268	0,0268	0,0269	0,0268
10	0,0268	0,0269	0,0267	0,0269
11	0,0268	0,0269	0,0268	0,0268
12	0,0268	0,0268	0,0267	0,0268
13	0,0269	0,0268	0,0269	0,0268
14	0,0269	0,0269	0,0269	0,0268
15	0,0268	0,0268	0,0266	0,0269
16	0,0268	0,0268	0,0269	0,0268
17	0,0268	0,0269	0,0269	0,0268
18	0,0269	0,0269	0,0269	0,0268
19	0,0269	0,0268	0,0269	0,0268
20	0,0269	0,0269	0,0268	0,0268
21	0,0269	0,0268	0,0269	0,0268
22	0,0268	0,0269	0,0269	0,0269
23	0,0269	0,0268	0,0269	0,0269
24	0,0269	0,0268	0,0268	0,0269
<b>PROMEDIO</b>	<b>0,026845833</b>	<b>0,0268375</b>	<b>0,026829167</b>	<b>0,026816667</b>

**Fuente:** Realizado por el autor

**TABLA 4.57** Recolección de pesos de E6011 Temperatura de 30 °C

(Continuación)

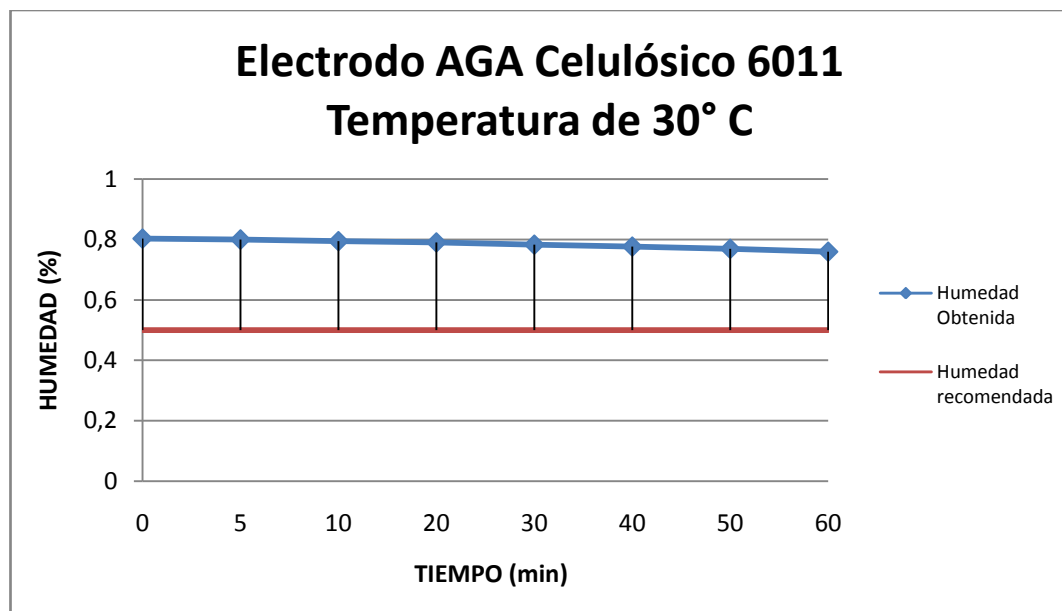
<b>MUESTRA</b>	<b>PESO (Kg.) 40 Min</b>	<b>PESO (Kg.) 50 Min</b>	<b>PESO (Kg.) 60 Min</b>
1	0,0269	0,0268	0,0268
2	0,0267	0,0267	0,0268
3	0,0269	0,0268	0,0268
4	0,0267	0,0268	0,0268
5	0,0268	0,0268	0,0267
6	0,0269	0,0267	0,0268
7	0,0268	0,0268	0,0268
8	0,0268	0,0268	0,0268
9	0,0268	0,0268	0,0268
10	0,0267	0,0267	0,0268
11	0,0268	0,0267	0,0268
12	0,0268	0,0268	0,0267
13	0,0268	0,0268	0,0268
14	0,0268	0,0269	0,0268
15	0,0268	0,0268	0,0268
16	0,0269	0,0268	0,0267
17	0,0267	0,0269	0,0268
18	0,0269	0,0267	0,0267
19	0,0269	0,0268	0,0267
20	0,0268	0,0269	0,0268
21	0,0267	0,0268	0,0268
22	0,0269	0,0268	0,0268
23	0,0268	0,0268	0,0268
24	0,0267	0,0268	0,0267
<b>PROMEDIO</b>	<b>0,026804167</b>	<b>0,026791667</b>	<b>0,026775</b>

**Fuente:** Realizado por el autor

**TABLA 4.58** Tabulación de Humedad Frente a tiempo E6011 Temperatura de 30 °C

HUMEDAD (%)	TIEMPO (min.)	PROMEDIO
0,8033	0	0,02685238
0,7994	5	0,026845833
0,7949	10	0,0268375
0,7903	20	0,026829167
0,783	30	0,026816667
0,7763	40	0,026804167
0,7689	50	0,026791667
0,7598	60	0,026775

**Fuente:** Realizado por el autor



**Gráfico 4.31** Tendencia tiempo vs humedad Electrodo AGA 6011 Temperatura de 30 °C

**Fuente:** Realizado por el autor

**TABLA 4.59** Recolección de pesos de E6011 Temperatura de 40 °C

<b>MUESTRA</b>	<b>PESO (Kg.) 5 Min</b>	<b>PESO (Kg.) 10 Min</b>	<b>PESO (Kg.) 20 Min</b>	<b>PESO (Kg.) 30 Min</b>
1	0,0268	0,0268	0,0268	0,0268
2	0,0269	0,0268	0,0267	0,0268
3	0,0268	0,0268	0,0267	0,0268
4	0,0268	0,0268	0,0268	0,0267
5	0,0269	0,0269	0,0269	0,0268
6	0,0268	0,0268	0,0268	0,0267
7	0,0268	0,0268	0,0268	0,0268
8	0,0268	0,0268	0,0268	0,0267
9	0,0269	0,0268	0,0268	0,0268
10	0,0268	0,0269	0,0268	0,0267
11	0,0268	0,0268	0,0268	0,0268
12	0,0267	0,0268	0,0268	0,0268
13	0,0268	0,0268	0,0268	0,0267
14	0,0269	0,0268	0,0269	0,0268
15	0,0269	0,0268	0,0268	0,0268
16	0,0268	0,0269	0,0268	0,0267
17	0,0268	0,0268	0,0268	0,0268
18	0,0269	0,0268	0,0267	0,0268
19	0,0268	0,0268	0,0267	0,0268
20	0,0268	0,0269	0,0268	0,0268
21	0,0269	0,0268	0,0269	0,0268
22	0,0269	0,0268	0,0268	0,0268
23	0,0268	0,0269	0,0268	0,0268
24	0,0269	0,0269	0,0268	0,0267
<b>PROMEDIO</b>	<b>0,026833333</b>	<b>0,026825</b>	<b>0,026795833</b>	<b>0,026770833</b>

**Fuente:** Realizado por el autor

**TABLA 4.59** Recolección de pesos de E6011 Temperatura de 40 °C

(Continuación)

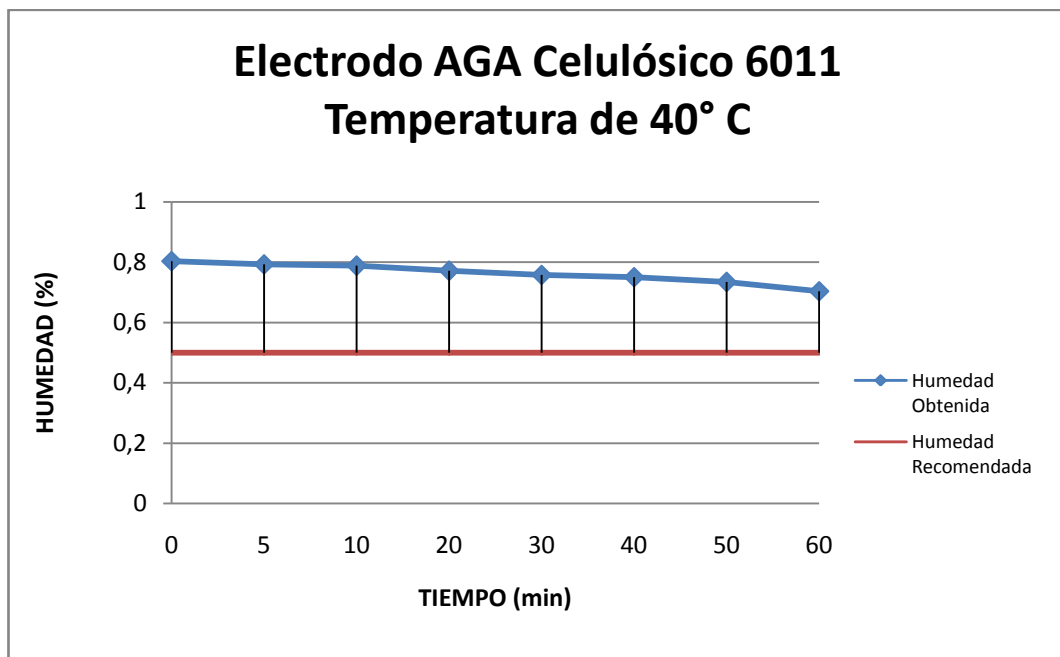
<b>MUESTRA</b>	<b>PESO (Kg.) 40 Min</b>	<b>PESO (Kg.) 50 Min</b>	<b>PESO (Kg.) 60 Min</b>
1	0,0268	0,0268	0,0267
2	0,0267	0,0267	0,0266
3	0,0267	0,0267	0,0267
4	0,0268	0,0267	0,0266
5	0,0268	0,0266	0,0268
6	0,0267	0,0267	0,0266
7	0,0267	0,0267	0,0267
8	0,0267	0,0268	0,0266
9	0,0267	0,0268	0,0267
10	0,0268	0,0268	0,0267
11	0,0268	0,0266	0,0268
12	0,0268	0,0267	0,0267
13	0,0268	0,0268	0,0267
14	0,0268	0,0268	0,0266
15	0,0268	0,0267	0,0266
16	0,0268	0,0267	0,0268
17	0,0267	0,0267	0,0267
18	0,0267	0,0267	0,0267
19	0,0267	0,0267	0,0266
20	0,0268	0,0269	0,0267
21	0,0268	0,0267	0,0267
22	0,0268	0,0268	0,0266
23	0,0267	0,0267	0,0266
24	0,0268	0,0267	0,0267
<b>PROMEDIO</b>	<b>0,026758333</b>	<b>0,026729167</b>	<b>0,026675</b>

**Fuente:** Realizado por el autor

**TABLA 4.60** Tabulación de Humedad Frente a tiempo E6011 Temperatura de 40 °C

HUMEDAD (%)	TIEMPO (min.)	PROMEDIO
0,8033	0	0,02685238
0,7926	5	0,026833333
0,7881	10	0,026825
0,7711	20	0,026795833
0,7576	30	0,026770833
0,7502	40	0,026758333
0,7338	50	0,026729167
0,7033	60	0,026675

**Fuente:** Realizado por el autor



**Gráfico 4.32** Tendencia tiempo vs humedad Electrodo AGA 6011 Temperatura de 40 °C

**Fuente:** Realizado por el autor

**TABLA 4.61** Recolección de pesos de E6011 Temperatura de 60 °C

<b>MUESTRA</b>	<b>PESO (Kg.) 5 Min</b>	<b>PESO (Kg.) 10 Min</b>	<b>PESO (Kg.) 20 Min</b>	<b>PESO (Kg.) 30 Min</b>
1	0,0268	0,0268	0,0268	0,0266
2	0,0268	0,0268	0,0268	0,0266
3	0,0269	0,0268	0,0267	0,0267
4	0,0268	0,0268	0,0268	0,0267
5	0,0269	0,0268	0,0267	0,0267
6	0,0268	0,0268	0,0267	0,0266
7	0,0268	0,0268	0,0267	0,0267
8	0,0268	0,0268	0,0267	0,0265
9	0,0268	0,0268	0,0268	0,0266
10	0,0269	0,0268	0,0268	0,0266
11	0,0268	0,0268	0,0267	0,0266
12	0,0268	0,0267	0,0267	0,0266
13	0,0268	0,0267	0,0267	0,0265
14	0,0268	0,0267	0,0268	0,0267
15	0,0267	0,0268	0,0268	0,0266
16	0,0267	0,0267	0,0267	0,0267
17	0,0268	0,0267	0,0267	0,0267
18	0,0268	0,0267	0,0268	0,0265
19	0,0267	0,0267	0,0268	0,0266
20	0,0268	0,0268	0,0267	0,0266
21	0,0268	0,0268	0,0268	0,0267
22	0,0268	0,0268	0,0267	0,0267
23	0,0268	0,0268	0,0268	0,0266
24	0,0268	0,0268	0,0268	0,0266
<b>PROMEDIO</b>	<b>0,0268</b>	<b>0,026770833</b>	<b>0,02675</b>	<b>0,026625</b>

**Fuente:** Realizado por el autor



**TABLA 4.61** Recolección de pesos de E6011 Temperatura de 60 °C

(Continuación)

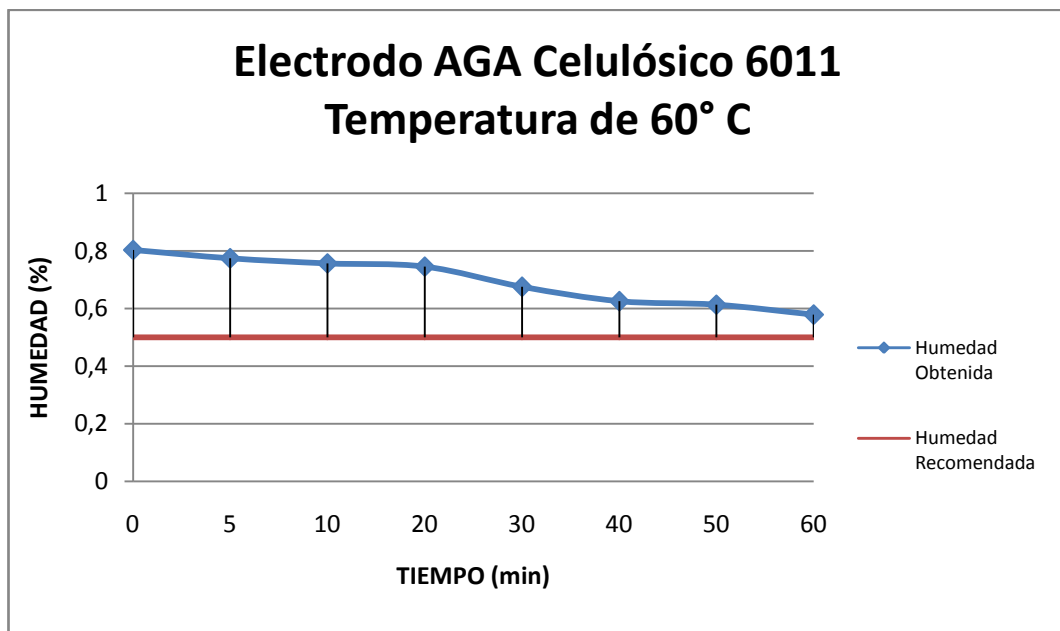
<b>MUESTRA</b>	<b>PESO (Kg.) 40 Min</b>	<b>PESO (Kg.) 50 Min</b>	<b>PESO (Kg.) 60 Min</b>
1	0,0266	0,0265	0,0265
2	0,0265	0,0265	0,0264
3	0,0265	0,0265	0,0264
4	0,0266	0,0265	0,0265
5	0,0265	0,0265	0,0264
6	0,0265	0,0265	0,0265
7	0,0266	0,0265	0,0264
8	0,0265	0,0266	0,0265
9	0,0266	0,0265	0,0265
10	0,0265	0,0266	0,0264
11	0,0265	0,0265	0,0264
12	0,0265	0,0265	0,0264
13	0,0265	0,0265	0,0264
14	0,0265	0,0265	0,0266
15	0,0266	0,0265	0,0265
16	0,0266	0,0265	0,0264
17	0,0265	0,0266	0,0265
18	0,0265	0,0265	0,0265
19	0,0265	0,0265	0,0264
20	0,0266	0,0265	0,0265
21	0,0265	0,0265	0,0265
22	0,0265	0,0266	0,0264
23	0,0267	0,0265	0,0265
24	0,0265	0,0265	0,0264
<b>PROMEDIO</b>	<b>0,0265375</b>	<b>0,026516667</b>	<b>0,026454167</b>

**Fuente:** Realizado por el autor

**TABLA 4.62** Tabulación de Humedad Frente a tiempo E6011 Temperatura de 60 °C

HUMEDAD (%)	TIEMPO (min.)	PROMEDIO
0,8033	0	0,02685238
0,774	5	0,0268
0,757	10	0,026770833
0,7457	20	0,02675
0,6751	30	0,026625
0,6254	40	0,0265375
0,6135	50	0,026516667
0,5785	60	0,026454167

**Fuente:** Realizado por el autor



**Gráfico 4.33** Tendencia tiempo vs humedad Electrodo AGA 6011 Temperatura de 60 °C

**Fuente:** Realizado por el autor

**TABLA 4.63** Recolección de pesos de E6011 Temperatura de 80 °C

<b>MUESTRA</b>	<b>PESO (Kg.) 5 Min</b>	<b>PESO (Kg.) 10 Min</b>	<b>PESO (Kg.) 20 Min</b>	<b>PESO (Kg.) 30 Min</b>
1	0,0266	0,0266	0,0265	0,0265
2	0,0267	0,0266	0,0266	0,0265
3	0,0266	0,0266	0,0266	0,0266
4	0,0267	0,0266	0,0267	0,0266
5	0,0267	0,0266	0,0265	0,0265
6	0,0267	0,0266	0,0267	0,0266
7	0,0266	0,0267	0,0266	0,0265
8	0,0267	0,0266	0,0265	0,0265
9	0,0267	0,0266	0,0266	0,0264
10	0,0267	0,0266	0,0266	0,0265
11	0,0267	0,0267	0,0265	0,0265
12	0,0267	0,0267	0,0265	0,0265
13	0,0267	0,0266	0,0267	0,0264
14	0,0266	0,0267	0,0266	0,0266
15	0,0266	0,0267	0,0265	0,0266
16	0,0267	0,0266	0,0266	0,0266
17	0,0267	0,0267	0,0265	0,0265
18	0,0267	0,0267	0,0265	0,0264
19	0,0267	0,0266	0,0265	0,0264
20	0,0266	0,0266	0,0266	0,0265
21	0,0267	0,0266	0,0265	0,0265
22	0,0267	0,0266	0,0266	0,0264
23	0,0267	0,0266	0,0265	0,0264
24	0,0267	0,0266	0,0266	0,0264
<b>PROMEDIO</b>	<b>0,026675</b>	<b>0,026629167</b>	<b>0,026566667</b>	<b>0,026495833</b>

**Fuente:** Realizado por el autor

**TABLA 4.63** Recolección de pesos de E6011 Temperatura de 80 °C

(Continuación)

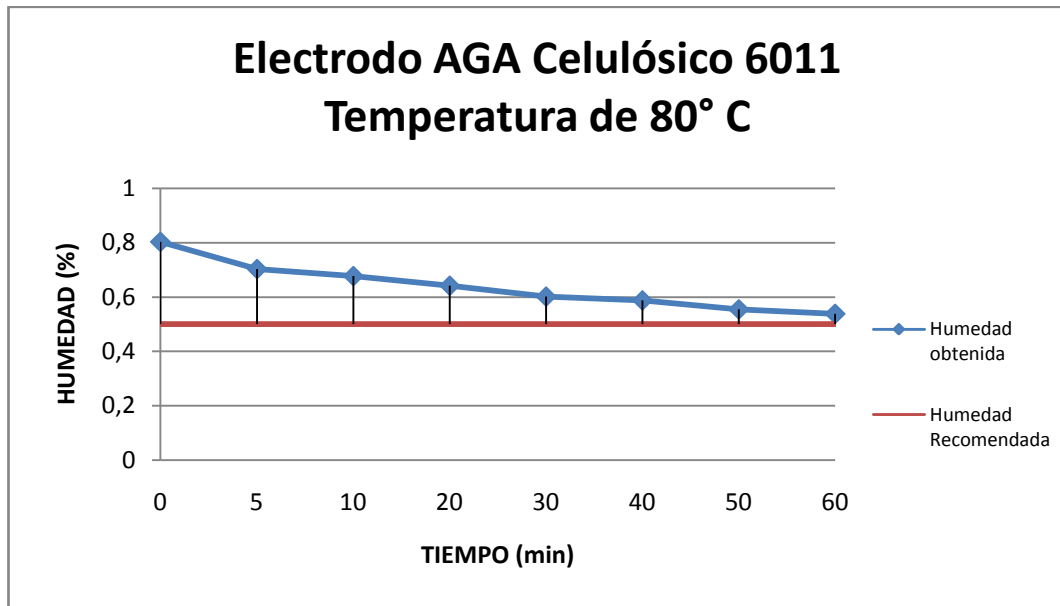
<b>MUESTRA</b>	<b>PESO (Kg.) 40 Min</b>	<b>PESO (Kg.) 50 Min</b>	<b>PESO (Kg.) 60 Min</b>
1	0,0265	0,0264	0,0265
2	0,0264	0,0265	0,0264
3	0,0264	0,0265	0,0264
4	0,0265	0,0265	0,0264
5	0,0265	0,0265	0,0264
6	0,0265	0,0265	0,0263
7	0,0265	0,0264	0,0265
8	0,0265	0,0263	0,0264
9	0,0264	0,0264	0,0263
10	0,0265	0,0265	0,0263
11	0,0265	0,0264	0,0265
12	0,0265	0,0264	0,0264
13	0,0265	0,0264	0,0264
14	0,0265	0,0264	0,0265
15	0,0265	0,0265	0,0264
16	0,0265	0,0264	0,0263
17	0,0264	0,0263	0,0263
18	0,0264	0,0264	0,0263
19	0,0265	0,0265	0,0263
20	0,0264	0,0264	0,0263
21	0,0265	0,0264	0,0265
22	0,0265	0,0263	0,0264
23	0,0265	0,0263	0,0263
24	0,0264	0,0263	0,0264
<b>PROMEDIO</b>	<b>0,026470833</b>	<b>0,0264125</b>	<b>0,026383333</b>

**Fuente:** Realizado por el autor

**TABLA 4.64** Tabulación de Humedad Frente a tiempo E6011 Temperatura de 80 °C

HUMEDAD (%)	TIEMPO (min.)	PROMEDIO
0,8033	0	0,02685238
0,7033	5	0,026675
0,6774	10	0,026629167
0,6418	20	0,026566667
0,6016	30	0,026495833
0,5875	40	0,026470833
0,5548	50	0,0264125
0,5384	60	0,026383333

**Fuente:** Realizado por el autor



**Gráfico 4.34** Tendencia tiempo vs humedad Electrodo AGA 6011 Temperatura de 80 °C

**Fuente:** Realizado por el autor

**TABLA 4.65** Recolección de pesos de E6011 Temperatura de 100 °C

MUESTRA	PESO (Kg.) 5 Min	PESO (Kg.) 10 Min	PESO (Kg.) 20 Min	PESO (Kg.) 30 Min
1	0,0266	0,0265	0,0264	0,0263
2	0,0266	0,0265	0,0264	0,0263
3	0,0266	0,0265	0,0265	0,0264
4	0,0266	0,0264	0,0264	0,0263
5	0,0266	0,0264	0,0264	0,0265
6	0,0266	0,0265	0,0264	0,0264
7	0,0267	0,0264	0,0265	0,0263
8	0,0267	0,0264	0,0264	0,0264
9	0,0266	0,0264	0,0264	0,0263
10	0,0265	0,0265	0,0264	0,0263
11	0,0265	0,0265	0,0264	0,0264
12	0,0266	0,0265	0,0264	0,0264
13	0,0266	0,0265	0,0264	0,0263
14	0,0266	0,0265	0,0264	0,0264
15	0,0266	0,0265	0,0264	0,0263
16	0,0266	0,0265	0,0263	0,0264
17	0,0266	0,0265	0,0264	0,0263
18	0,0266	0,0265	0,0264	0,0264
19	0,0266	0,0265	0,0264	0,0264
20	0,0266	0,0265	0,0264	0,0263
21	0,0266	0,0264	0,0264	0,0263
22	0,0266	0,0265	0,0264	0,0263
23	0,0266	0,0264	0,0264	0,0264
24	0,0265	0,0265	0,0264	0,0263
<b>PROMEDIO</b>	0,026595833	0,026470833	0,026404167	0,02635

**Fuente:** Realizado por el autor

**TABLA 4.65** Recolección de pesos de E6011 Temperatura de 100 °C  
(Continuación)

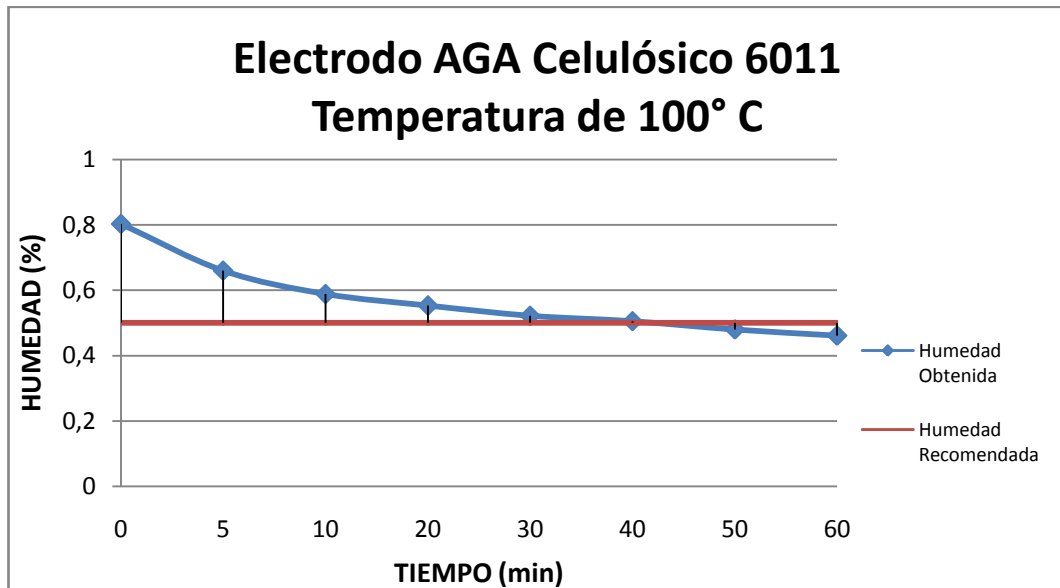
MUESTRA	PESO (Kg.) 40 Min	PESO (Kg.) 50 Min	PESO (Kg.) 60 Min
1	0,0263	0,0263	0,0263
2	0,0263	0,0263	0,0263
3	0,0263	0,0263	0,0262
4	0,0264	0,0263	0,0263
5	0,0263	0,0262	0,0263
6	0,0264	0,0263	0,0263
7	0,0263	0,0263	0,0262
8	0,0262	0,0263	0,0262
9	0,0264	0,0263	0,0262
10	0,0263	0,0262	0,0262
11	0,0263	0,0263	0,0262
12	0,0264	0,0263	0,0263
13	0,0264	0,0263	0,0263
14	0,0264	0,0263	0,0263
15	0,0263	0,0263	0,0262
16	0,0263	0,0262	0,0262
17	0,0263	0,0262	0,0262
18	0,0263	0,0262	0,0262
19	0,0263	0,0263	0,0263
20	0,0263	0,0263	0,0262
21	0,0263	0,0263	0,0262
22	0,0263	0,0263	0,0262
23	0,0263	0,0262	0,0263
24	0,0263	0,0263	0,0262
<b>PROMEDIO</b>	0,026320833	0,026275	0,026241667

**Fuente:** Realizado por el autor

**TABLA 4.66** Tabulación de Humedad Frente a tiempo E6011 Temperatura de 100 °C

HUMEDAD (%)	TIEMPO (min.)	PROMEDIO
0,8033	0	0,02685238
0,6601	5	0,026595833
0,589	10	0,026470833
0,5528	20	0,026404167
0,5224	30	0,02635
0,5056	40	0,026320833
0,48	50	0,026275
0,461	60	0,026241667

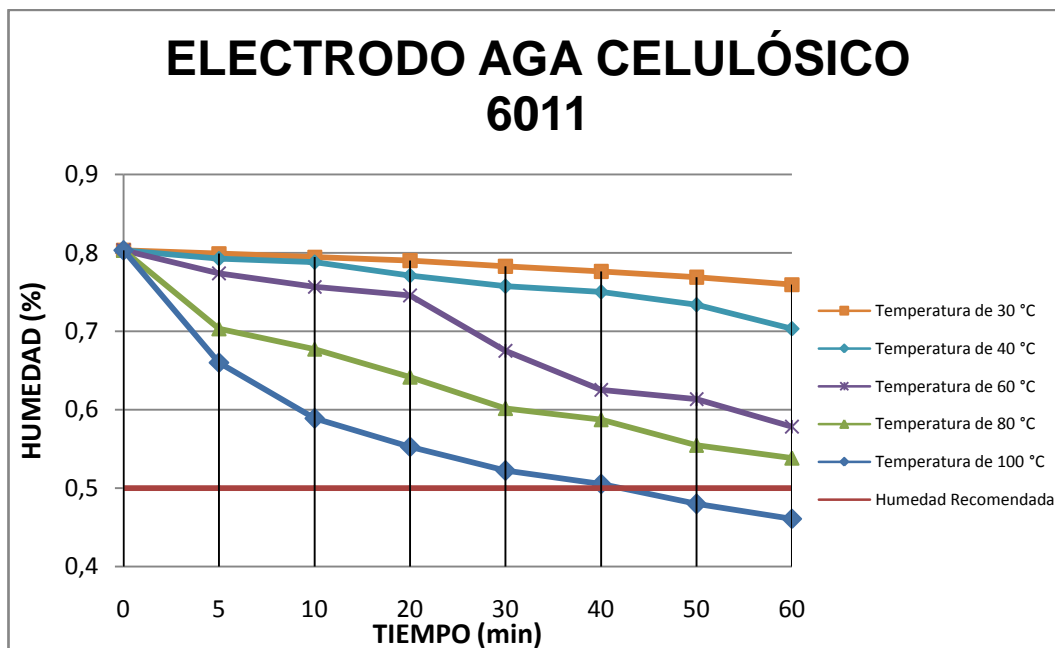
**Fuente:** Realizado por el autor



**Gráfico 4.35** Tendencia tiempo vs humedad Electrodo AGA 6011 Temperatura de 100 °C

**Fuente:** Realizado por el autor





**Gráfico 4.36** Tendencia tiempo vs humedad Electrodo AGA 6011

**Fuente:** Realizado por el autor

De los resultados obtenidos se puede concluir que al minuto 40 en adelante a la temperatura de 100 °C, se logra reducir de manera considerable la humedad en el revestimiento en este tipo de electrodo, consiguiendo el objetivo planteado al minuto 40, con una humedad de 0.5056 % de humedad, valor que se asemeja bastante al dado por la norma.

A los minutos 50 y 60 respectivamente a la temperatura mencionada con anterioridad se consiguió reducir el valor del mencionado anteriormente en el minuto 40, a valores de 0.48 y 0.46 %; óptimos para soldado con este tipo de electrodo.

#### **4.1.2.3 Determinación de nivel de humedad mediante ensayo de mantenimiento**

Este ensayo se lo realizó con el fin primordial de determinar el tiempo necesario para el secado y por ende obtención de los niveles de humedad recomendados por la norma AWS A5.1-81, ya que la misma en este caso involucra solamente temperaturas de secado, más no tiempos de permanencia del ensayo.

Adicionalmente se consideró en este ensayo someter muestras de electrodos 7018 y 6013, debido a que según se indica en la norma AWS A5.1-81, los electrodos celulósicos que comprenden el electrodo 6011 no necesitan ser involucrados en este ensayo.

##### **a) Determinación de niveles de humedad y tiempos de secado en ensayo de mantenimiento con electrodo de Bajo Hidrógeno (AGA E7018) dejado a la intemperie durante un periodo de 2 horas**

Considerando el Anexo 16, que involucra los niveles de Exposición de los electrodos de Bajo Hidrógeno al ambiente, se ha involucrado someter a la intemperie a los mismos durante un periodo de 2 horas, ya que pasado las 4 horas de exposición, el electrodo retiene en su revestimiento mayor cantidad de humedad.

Para el ensayo de mantenimiento del revestimiento del electrodo se colocaron las probetas en el horno y se programó al mismo para que las muestras sean extraídas a una temperatura de 50 °C durante un tiempo de 60 minutos, considerando que fueron pesadas a los 10', 30', 45' y 60', es decir el ensayo duró a la temperatura indicada una hora.

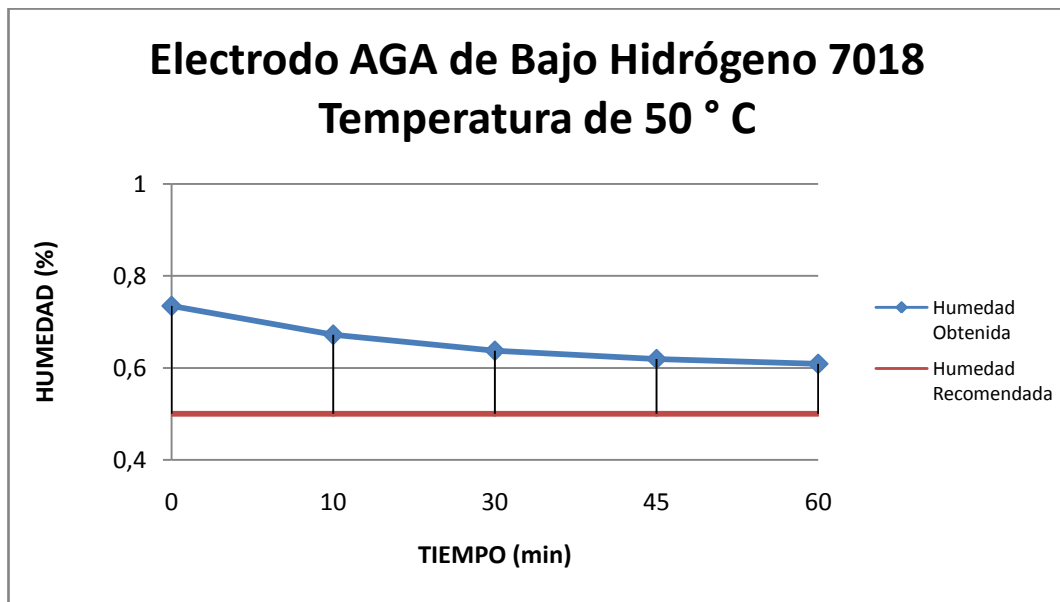
Cabe recalcar que el mismo procedimiento anteriormente mencionado se lo realizó elevando las temperaturas de secado, con lo que se realizaron a los



**TABLA 4.68** Tabulación de Humedad Frente a tiempo E7018 Temperatura de 50 °C

HUMEDAD (%)	TIEMPO (min.)	PROMEDIO
0,7353	0	0,036
0,672	10	0,03557083
0,6378	30	0,0353375
0,6194	45	0,0352125
0,6089	60	0,03514167

**Fuente:** Realizado por el autor



**Gráfico 4.37** Tendencia tiempo vs humedad Electrodo AGA 7018 Temperatura de 50 °C

**Fuente:** Realizado por el autor

**TABLA 4.69** Recolección de pesos ensayo de mantenimiento de E7018

Temperatura de 70 °C

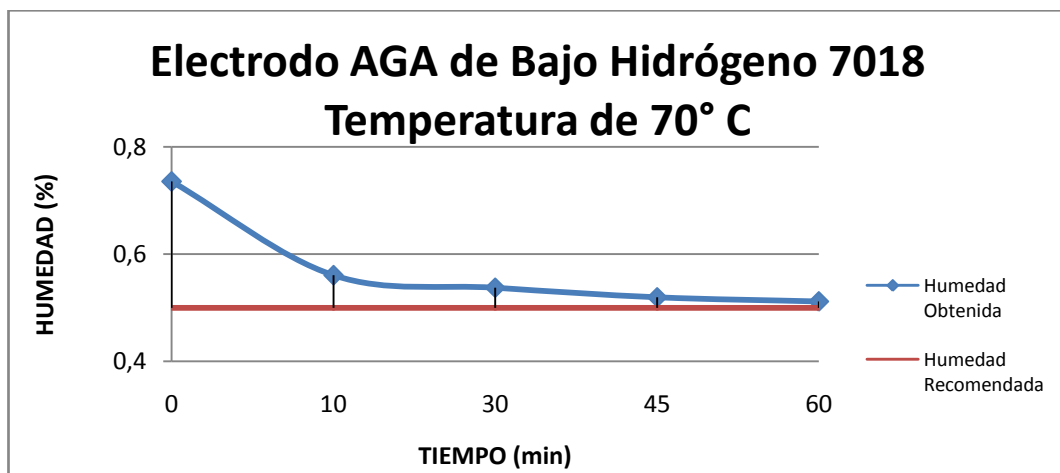
<b>MUESTRA</b>	<b>PESO (Kg.) 10 Min</b>	<b>PESO (Kg.) 30 Min</b>	<b>PESO (Kg.) 45 Min</b>	<b>PESO (Kg.) 60 Min</b>
1	0,0349	0,0346	0,0345	0,0345
2	0,0348	0,0346	0,0346	0,0345
3	0,0349	0,0346	0,0345	0,0345
4	0,0348	0,0347	0,0346	0,0345
5	0,0348	0,0347	0,0345	0,0345
6	0,0347	0,0347	0,0346	0,0345
7	0,0347	0,0346	0,0346	0,0344
8	0,0348	0,0347	0,0346	0,0345
9	0,0348	0,0346	0,0346	0,0345
10	0,0348	0,0346	0,0345	0,0345
11	0,0347	0,0346	0,0346	0,0344
12	0,0347	0,0347	0,0345	0,0345
13	0,0349	0,0347	0,0345	0,0345
14	0,0349	0,0347	0,0345	0,0345
15	0,0349	0,0347	0,0345	0,0344
16	0,0349	0,0345	0,0345	0,0345
17	0,0349	0,0346	0,0345	0,0345
18	0,0348	0,0346	0,0346	0,0344
19	0,0348	0,0347	0,0345	0,0345
20	0,0348	0,0347	0,0345	0,0345
21	0,0348	0,0347	0,0345	0,0345
22	0,0348	0,0347	0,0345	0,0344
23	0,0348	0,0347	0,0345	0,0345
24	0,0348	0,0347	0,0345	0,0345
<b>PROMEDIO</b>	<b>0,0348125</b>	<b>0,034654167</b>	<b>0,034533333</b>	<b>0,034479167</b>

Fuente: Realizado por el autor

**TABLA 4.70** Tabulación de Humedad Frente a tiempo E7018 Temperatura de 70 °C

HUMEDAD (%)	TIEMPO (min.)	PROMEDIO
0,7353	0	0,036
0,5605	10	0,0348125
0,5373	30	0,03465417
0,5195	45	0,03453333
0,5116	60	0,03447917

**Fuente:** Realizado por el autor



**Gráfico 4.38** Tendencia tiempo vs humedad Electrodo AGA 7018 Temperatura de 70 °C

**Fuente:** Realizado por el autor

**TABLA 4.71** Recolección de pesos ensayo de mantenimiento de E7018

Temperatura de 70 °C

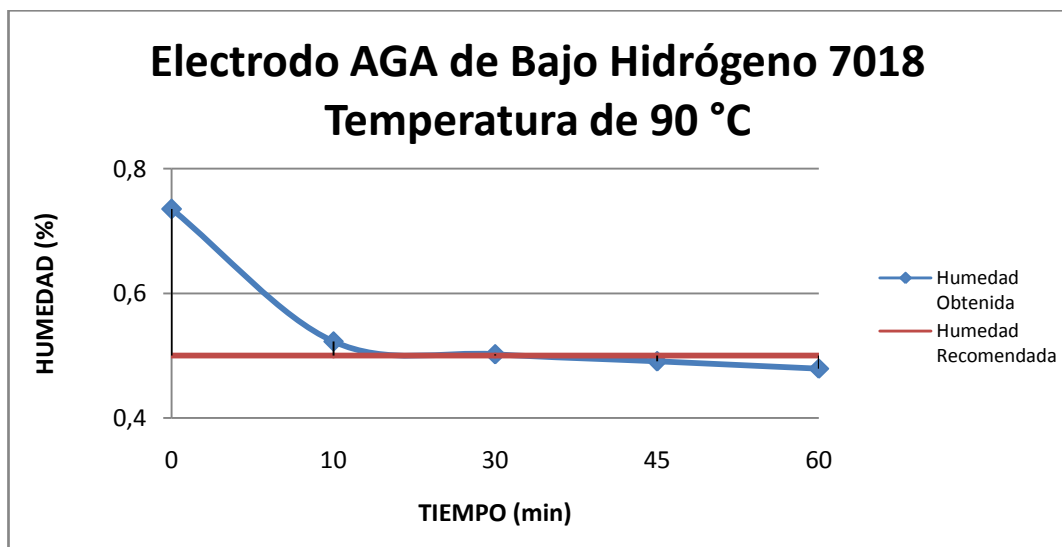
<b>MUESTRA</b>	<b>PESO (Kg.) 10 Min</b>	<b>PESO (Kg.) 30 Min</b>	<b>PESO (Kg.) 45 Min</b>	<b>PESO (Kg.) 60 Min</b>
1	0,0346	0,0344	0,0343	0,0343
2	0,0345	0,0343	0,0343	0,0342
3	0,0346	0,0345	0,0343	0,0343
4	0,0345	0,0345	0,0344	0,0343
5	0,0346	0,0344	0,0343	0,0343
6	0,0345	0,0343	0,0344	0,0344
7	0,0345	0,0344	0,0343	0,0343
8	0,0346	0,0345	0,0344	0,0344
9	0,0345	0,0345	0,0343	0,0343
10	0,0346	0,0344	0,0344	0,0342
11	0,0345	0,0345	0,0343	0,0342
12	0,0346	0,0344	0,0344	0,0342
13	0,0345	0,0345	0,0343	0,0343
14	0,0346	0,0344	0,0344	0,0342
15	0,0346	0,0345	0,0343	0,0342
16	0,0345	0,0345	0,0344	0,0343
17	0,0346	0,0344	0,0343	0,0342
18	0,0345	0,0345	0,0344	0,0342
19	0,0346	0,0344	0,0343	0,0342
20	0,0346	0,0345	0,0344	0,0342
21	0,0345	0,0345	0,0343	0,0343
22	0,0346	0,0344	0,0343	0,0342
23	0,0346	0,0344	0,0343	0,0343
24	0,0345	0,0345	0,0343	0,0342
<b>PROMEDIO</b>	<b>0,034554167</b>	<b>0,034441667</b>	<b>0,0343375</b>	<b>0,034258333</b>

Fuente: Realizado por el autor

**TABLA 4.72** Tabulación de Humedad Frente a tiempo E7018 Temperatura de 90 °C

HUMEDAD (%)	TIEMPO (min.)	PROMEDIO
0,7353	0	0,036
0,5226	10	0,03455417
0,5023	30	0,03444167
0,4907	45	0,0343375
0,4791	60	0,03425833

**Fuente:** Realizado por el autor



**Gráfico 4.39** Tendencia tiempo vs humedad Electrodo AGA 7018 Temperatura de 90 °C

**Fuente:** Realizado por el autor



**TABLA 4.73** Recolección de pesos ensayo de mantenimiento de E7018

Temperatura de 120 °C

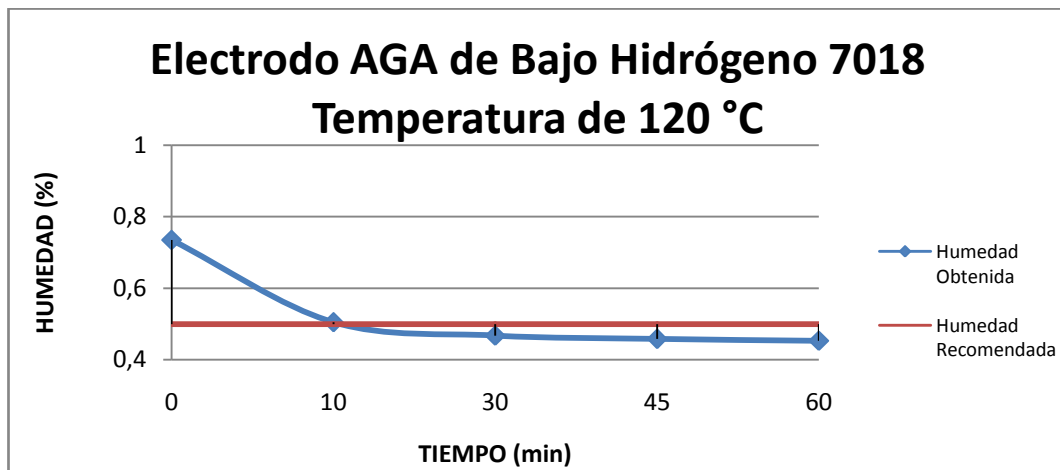
<b>MUESTRA</b>	<b>PESO (Kg.) 10 Min</b>	<b>PESO (Kg.) 30 Min</b>	<b>PESO (Kg.) 45 Min</b>	<b>PESO (Kg.) 60 Min</b>
1	0,0344	0,0341	0,0341	0,0341
2	0,0345	0,0342	0,0341	0,0341
3	0,0345	0,0341	0,0341	0,0341
4	0,0344	0,0341	0,0341	0,0341
5	0,0344	0,0341	0,0341	0,0341
6	0,0345	0,0342	0,0342	0,0341
7	0,0344	0,0341	0,0341	0,034
8	0,0344	0,0343	0,0341	0,0341
9	0,0344	0,0342	0,0341	0,0341
10	0,0345	0,0342	0,0341	0,0341
11	0,0344	0,0342	0,0341	0,034
12	0,0345	0,0342	0,0341	0,0341
13	0,0345	0,0342	0,0341	0,0341
14	0,0344	0,0342	0,0341	0,0341
15	0,0344	0,0341	0,0342	0,0341
16	0,0345	0,0341	0,0341	0,034
17	0,0344	0,0341	0,0342	0,0341
18	0,0344	0,0342	0,0341	0,0341
19	0,0345	0,0342	0,0341	0,0341
20	0,0344	0,0342	0,0342	0,034
21	0,0344	0,0342	0,0341	0,0341
22	0,0344	0,0342	0,0341	0,0341
23	0,0344	0,0342	0,0341	0,0341
24	0,0345	0,0342	0,0341	0,0341
<b>PROMEDIO</b>	<b>0,0344375</b>	<b>0,03418125</b>	<b>0,034116667</b>	<b>0,034083333</b>

Fuente: Realizado por el autor

**TABLA 4.74** Tabulación de Humedad Frente a tiempo E7018 Temperatura de 120 °C

HUMEDAD (%)	TIEMPO (min.)	PROMEDIO
0,7353	0	0,036
0,5054	10	0,0344375
0,4677	30	0,03418125
0,4582	45	0,03411667
0,4533	60	0,03408333

**Fuente:** Realizado por el autor



**Gráfico 4.40** Tendencia tiempo vs humedad Electrodo AGA 7018 Temperatura de 120 °C

**Fuente:** Realizado por el autor

**TABLA 4.75** Recolección de pesos ensayo de mantenimiento de E7018

Temperatura de 160 °C

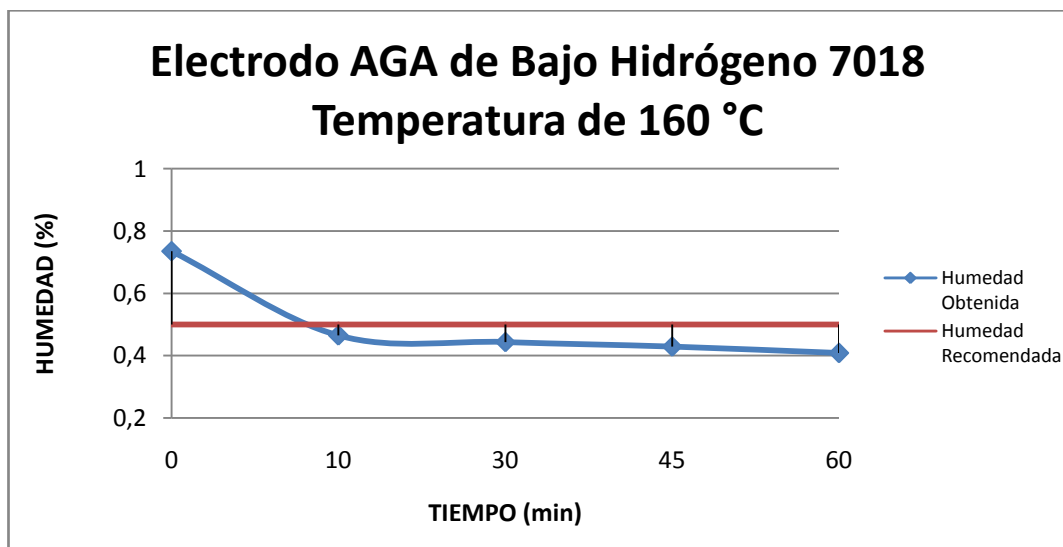
<b>MUESTRA</b>	<b>PESO (Kg.) 10 Min</b>	<b>PESO (Kg.) 30 Min</b>	<b>PESO (Kg.) 45 Min</b>	<b>PESO (Kg.) 60 Min</b>
1	0,0342	0,0341	0,0339	0,0337
2	0,0342	0,034	0,0339	0,0337
3	0,0342	0,034	0,0339	0,0337
4	0,0342	0,034	0,0339	0,0337
5	0,0342	0,034	0,0339	0,0338
6	0,0341	0,034	0,0339	0,0337
7	0,0341	0,034	0,034	0,0337
8	0,0341	0,0341	0,0339	0,0337
9	0,0341	0,034	0,034	0,0338
10	0,0341	0,034	0,0339	0,0338
11	0,0342	0,034	0,0339	0,0338
12	0,0341	0,034	0,0339	0,0338
13	0,0342	0,034	0,034	0,0338
14	0,0341	0,034	0,0339	0,0338
15	0,0342	0,0341	0,0339	0,0338
16	0,0342	0,034	0,0339	0,0338
17	0,0342	0,034	0,0339	0,0338
18	0,0342	0,034	0,0339	0,0339
19	0,0341	0,034	0,034	0,0338
20	0,0341	0,034	0,0339	0,0338
21	0,0342	0,0341	0,0339	0,0338
22	0,0341	0,034	0,0339	0,0338
23	0,0342	0,034	0,0339	0,0338
24	0,0342	0,034	0,0339	0,0338
<b>PROMEDIO</b>	<b>0,034158333</b>	<b>0,034016667</b>	<b>0,033916667</b>	<b>0,033775</b>

Fuente: Realizado por el autor

**TABLA 4.76** Tabulación de Humedad Frente a tiempo E7018 Temperatura de 160 °C

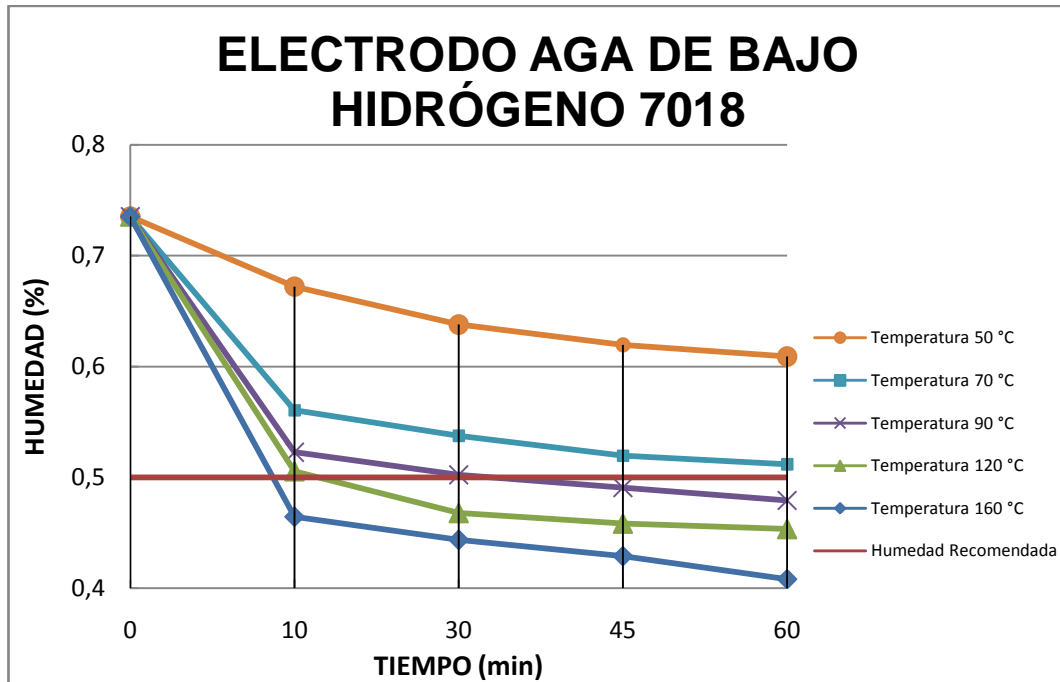
HUMEDAD (%)	TIEMPO (min.)	PROMEDIO
0,7353	0	0,036
0,4644	10	0,03415833
0,4435	30	0,03401667
0,4288	45	0,03391667
0,408	60	0,033775

**Fuente:** Realizado por el autor



**Gráfico 4.41** Tendencia tiempo vs humedad Electrodo AGA 7018 Temperatura de 160 °C

**Fuente:** Realizado por el autor



**Gráfico 4.42** Tendencia tiempo vs humedad Electrodo AGA 7018 ensayo mantenimiento

**Fuente:** Realizado por el autor

### Conclusión

Del ensayo realizado se pudo obtener valores en los que a una temperatura de 120 °C se llegó al valor de 0.5 % que recomienda la norma como porcentaje máximo de humedad, a un tiempo de 10 minutos. Similar valor se encontró igualmente a la temperatura de 90 °C, a un tiempo de 30 minutos.

En ambos casos de temperaturas conforme se sigue incrementando el tiempo de permanencia en el equipo de secado se sigue reduciendo el valor de humedad relativa, llegando al tiempo de una hora a la temperatura de 160 °C a un valor de 0.4 %, que es el esperado y óptimo para soldabilidad con este tipo de electrodo.

**b) Determinación de niveles de humedad y tiempos de secado en ensayo de mantenimiento con electrodo de Rútílico (AGA E6013) dejado a la intemperie durante un periodo de 2 horas**

Igualmente que en el caso anterior se vio necesario dejar a los E6013 a un tiempo de 2 horas al intemperie para que su revestimiento absorba humedad del ambiente.

Para el ensayo de mantenimiento del revestimiento del electrodo se colocaron las probetas en el horno y se programó al mismo para que las muestras sean extraídas a una temperatura de 30 °C durante un tiempo de 60 minutos, considerando que fueron pesadas a los 10', 30', 45' y 60', es decir el ensayo duró a la temperatura indicada una hora.

Cabe recalcar que el mismo procedimiento anteriormente mencionado se lo realizó elevando las temperaturas de secado, con lo que se realizaron a los 30 °C y 40 °C, a los tiempos anteriormente mencionados, esto considerando lo que recomienda el Anexo 17.

**TABLA 4.77** Recolección de pesos ensayo de mantenimiento de E6013

Temperatura de 30 °C

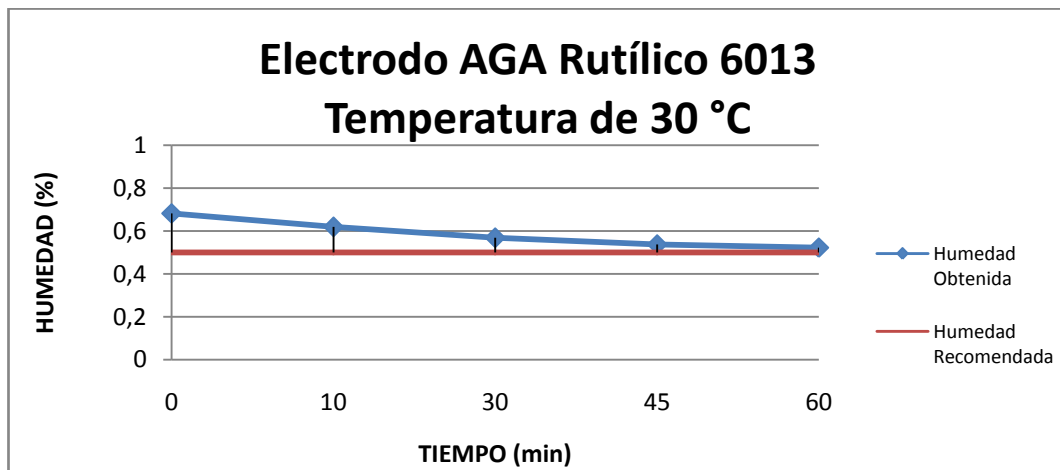
<b>MUESTRA</b>	<b>PESO (Kg.) 10 Min</b>	<b>PESO (Kg.) 30 Min</b>	<b>PESO (Kg.) 45 Min</b>	<b>PESO (Kg.) 60 Min</b>
1	0,0306	0,0305	0,0304	0,0303
2	0,0305	0,0304	0,0304	0,0304
3	0,0306	0,0305	0,0304	0,0303
4	0,0305	0,0305	0,0304	0,0304
5	0,0305	0,0305	0,0304	0,0303
6	0,0305	0,0305	0,0304	0,0304
7	0,0305	0,0304	0,0303	0,0303
8	0,0305	0,0304	0,0304	0,0304
9	0,0305	0,0304	0,0304	0,0303
10	0,0306	0,0304	0,0303	0,0304
11	0,0306	0,0304	0,0304	0,0303
12	0,0306	0,0305	0,0304	0,0304
13	0,0306	0,0305	0,0304	0,0303
14	0,0305	0,0305	0,0303	0,0304
15	0,0306	0,0305	0,0303	0,0303
16	0,0306	0,0304	0,0305	0,0304
17	0,0306	0,0304	0,0304	0,0303
18	0,0306	0,0304	0,0304	0,0304
19	0,0306	0,0304	0,0304	0,0303
20	0,0306	0,0305	0,0303	0,0304
21	0,0306	0,0305	0,0304	0,0303
22	0,0305	0,0305	0,0304	0,0304
23	0,0306	0,0304	0,0304	0,0303
24	0,0306	0,0304	0,0304	0,0304
<b>PROMEDIO</b>	<b>0,0305625</b>	<b>0,03045</b>	<b>0,030383333</b>	<b>0,03035</b>

Fuente: Realizado por el autor

**TABLA 4.78** Tabulación de Humedad Frente a tiempo E6013 Temperatura de 30 °C

HUMEDAD (%)	TIEMPO (min.)	PROMEDIO
0,6818	0	0,0307
0,619	10	0,0305625
0,5682	30	0,03045
0,5377	45	0,03038333
0,5227	60	0,03035

**Fuente:** Realizado por el autor



**Gráfico 4.43** Tendencia tiempo vs humedad Electrodo AGA 6013 Temperatura de 30 °C

**Fuente:** Realizado por el autor



**TABLA 4.79** Recolección de pesos ensayo de mantenimiento de E6013  
 Temperatura de 40 °C

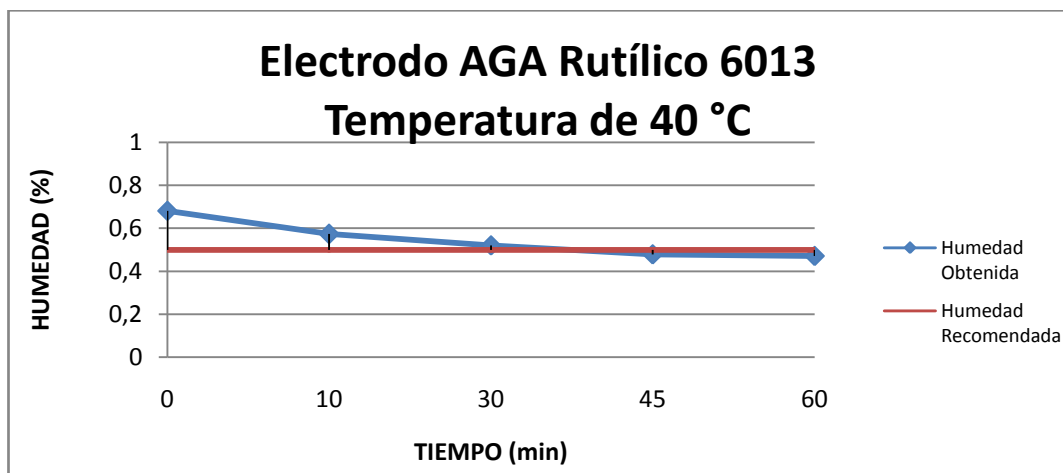
MUESTRA	PESO (Kg.) 10 Min	PESO (Kg.) 30 Min	PESO (Kg.) 45 Min	PESO (Kg.) 60 Min
1	0,0304	0,0304	0,0303	0,0303
2	0,0304	0,0304	0,0303	0,0302
3	0,0305	0,0303	0,0303	0,0302
4	0,0304	0,0303	0,0303	0,0303
5	0,0305	0,0304	0,0302	0,0302
6	0,0305	0,0304	0,0302	0,0303
7	0,0304	0,0303	0,0302	0,0303
8	0,0305	0,0303	0,0303	0,0303
9	0,0305	0,0304	0,0303	0,0303
10	0,0305	0,0304	0,0302	0,0302
11	0,0305	0,0304	0,0302	0,0302
12	0,0305	0,0303	0,0302	0,0302
13	0,0304	0,0303	0,0303	0,0302
14	0,0305	0,0303	0,0303	0,0303
15	0,0305	0,0303	0,0303	0,0302
16	0,0305	0,0303	0,0303	0,0302
17	0,0304	0,0304	0,0302	0,0302
18	0,0305	0,0304	0,0302	0,0302
19	0,0304	0,0303	0,0301	0,0303
20	0,0304	0,0303	0,0303	0,0302
21	0,0305	0,0303	0,0303	0,0303
22	0,0304	0,0303	0,0303	0,0302
23	0,0305	0,0304	0,0303	0,0302
24	0,0305	0,0304	0,0302	0,0302
<b>PROMEDIO</b>	0,0304625	0,030345833	0,030254167	0,0302375

Fuente: Realizado por el autor

**TABLA 4.80** Tabulación de Humedad Frente a tiempo E6013 Temperatura de 40 °C

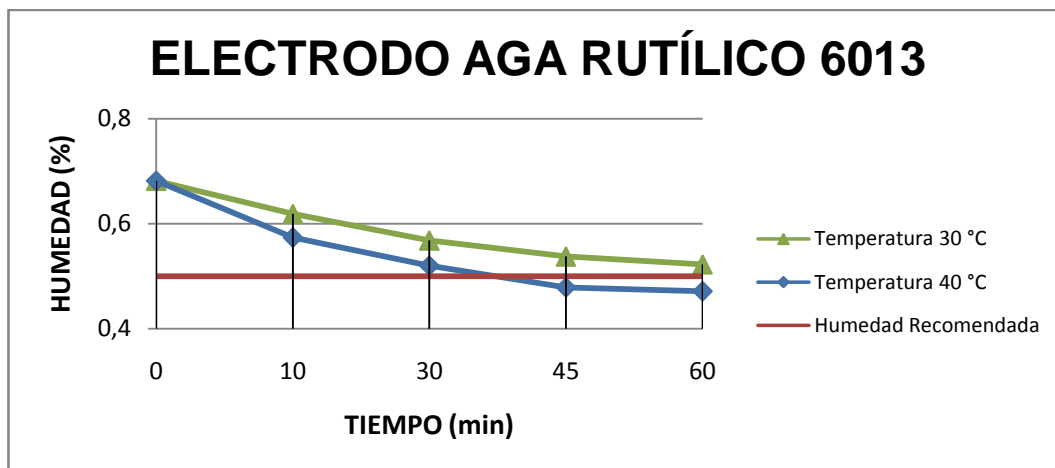
HUMEDAD (%)	TIEMPO (min.)	PROMEDIO
0,6818	0	0,0307
0,5736	10	0,0304625
0,5204	30	0,03034583
0,479	45	0,03025417
0,4714	60	0,0302375

**Fuente:** Realizado por el autor



**Gráfico 4.44** Tendencia tiempo vs humedad Electrodo AGA 6013 Temperatura de 40 °C

**Fuente:** Realizado por el autor



**Gráfico 4.45** Tendencia tiempo vs humedad Electrodo AGA 6013 ensayo mantenimiento

**Fuente:** Realizado por el autor

### Conclusión

Del ensayo realizado se puede concluir que a la temperatura de 40 °C en el intervalo de 30 a 45 minutos, se llega al valor recomendado por la norma de 0.5 % de humedad relativa; con lo que a fin de determinar el tiempo exacto se interpoló los valores con lo que aproximadamente a los 37 minutos se llega al valor de 0.5%.

Adicionalmente conforme se continúa con la permanencia de los electrodos dentro del equipo, se sigue reduciendo el valor de la humedad, con lo que para este tipo de electrodos el valor idóneo de permanencia estaría dado a los 45 minutos a la temperatura de 40 °C.

### 4.1.3 Ensayo de determinación de rendimiento del electrodo

Este ensayo tiene como fin determinar el rendimiento del revestimiento del electrodo, con lo que se tiene que decir como preámbulo, que se ensayó electrodos 7018 que son considerados dentro de los de gran rendimiento a fin de determinar el grado de incidencia que se obtuvo luego de someter a dichos electrodos al proceso de conservación, versus electrodos que se los mantiene en condiciones medioambientales de un taller de carrocerías metálicas.

Considerándose por electrodos de gran rendimiento aquellos que, cualquiera que sea la naturaleza de la composición de su revestimiento, tienen un rendimiento gravimétrico superior al 130%. Este ensayo viene dado por los parámetros relacionados entre el peso del metal depositado y el peso del núcleo del electrodo, con la consideración de que se desprecie una distancia de aproximadamente 50 mm del núcleo del electrodo, que se aloja en el portaelectrodos al momento de soldar. La relación vendría expresada de la siguiente manera. <sup>[5]</sup>

$$\text{Eficiencia del electrodo } (\eta) = \frac{\text{Peso depositado}}{\text{Peso del núcleo del electrodo}} \quad (4.2)$$

Al tener esta relación se ha procedido a pesar el núcleo del electrodo, la placa a soldar y posteriormente la placa de junta soldada, con lo que se obtuvieron los siguientes resultados.



**Figura 4.13** Peso de varilla E7018

**Fuente:** Tomado por el autor

---

<sup>[5]</sup> TRABAJO DE INVESTIGACIÓN REALIZADO POR EL DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y PROYECTOS DE *Thermoequipos CA*, año 2000.

**TABLA 4.81** Ensayos Rendimiento Electrodo Revestidos

CONDICIONES	PESO ELECTRODO DESNUDO	PESO PLATINA	PLATINA SOLDADA	DIFERENCIA DE PESOS	RENDIMIENTO ELECTRODO
ELECTRODO DEJADO A LA INTEMPERIE 2 SEMANAS	22,5	534,5	554,4	19,9	88,44444444
	22,8	539,2	559,8	20,6	90,35087719
ELECTRODO SACADO DE LA FUNDA	22,5	533	557,3	24,3	108
	22,6	535,8	560,4	24,6	108,8495575
ELECTRODO MANTENIDO EN EQUIPO DE SECADO	22,6	532	563,4	31,4	138,9380531
	22,6	513,1	548,7	35,6	157,5221239

**Fuente:** Realizado por el autor



**Figura 4.14** Peso de platinas a ser soldadas con E7018 previamente dejado a la intemperie por dos semanas

**Fuente:** Tomado por el autor



**Figura 4.15** Peso de platinas soldadas con E7018 previamente dejado a la intemperie por dos semanas

**Fuente:** Tomado por el autor



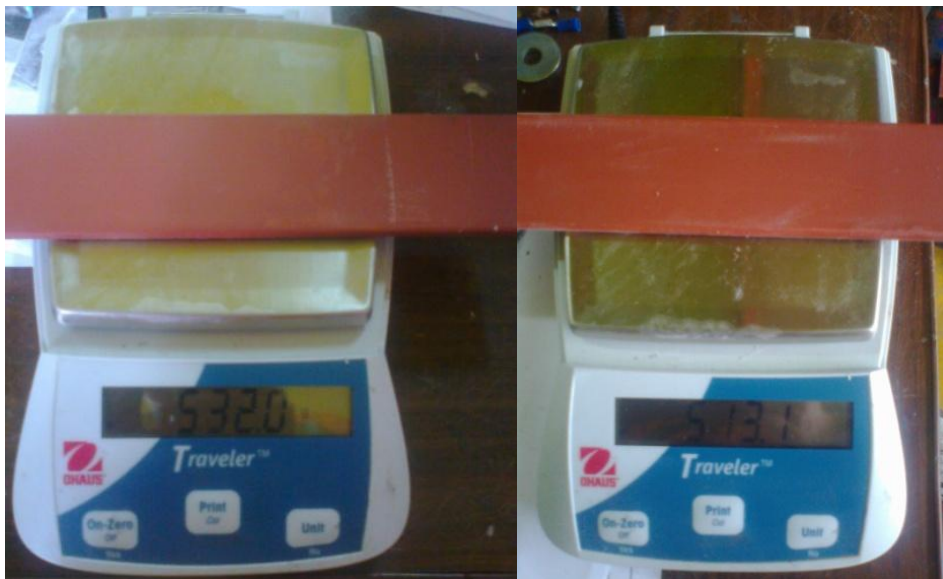
**Figura 4.16** Peso de Platinas a ser soldadas con E7018 sacados directamente de la funda

**Fuente:** Tomado por el autor



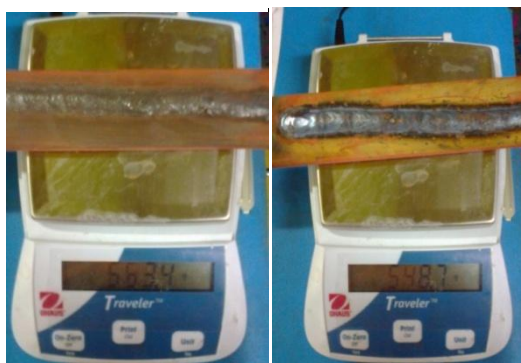
**Figura 4.17** Peso de Platinas soldadas con E7018 sacados directamente de la funda

**Fuente:** Tomado por el autor



**Figura 4.18** Peso de platinas a ser soldadas con electrodos 7018 mantenidos en horno

**Fuente:** Tomado por el autor



**Figura 4.19** Peso de platinas soldadas con electrodos 7018 mantenidos en horno

**Fuente:** Tomado por el autor

Al sacar un promedio de relación en cada uno de los 3 casos se obtuvieron los resultados de que en el caso en el que se deja a la intemperie durante 15 días a los electrodos se obtuvo un valor promedio de 89,4% en rendimiento del electrodo 7018.

En el segundo caso se obtuvieron valores del 108,43%, con electrodos tomados directamente de la funda; en tanto que en el tercer caso se obtuvieron valores promedio de 148%, con lo que en referencia al texto anteriormente mencionado, ya que estos electrodos por ser de gran rendimiento, cumplen con valores superiores a los 130% de rendimiento.

#### **4.1.4 Ensayo Metalográfico de las muestras soldadas**

Mediante este ensayo se pueden determinar de manera microestructural el tamaño de las imperfecciones o porosidades que se forman por el exceso de humedad al momento de realizar la junta soldada. Pero para realizar este ensayo previamente se realizó la soldadura de platinas de un largo de 300 x 45 mm y de espesores de 4 mm que fueron utilizadas para soldar electrodos 7018, en tanto que se utilizó platinas de similares dimensiones pero de espesor de 2 mm para soldar con electrodos 6013 y 6011. A continuación se muestran tablas en las que constan los parámetros considerados y los resultados obtenidos antes y durante haber sido sometidas las muestras al respectivo proceso de montaje, lijado, pulido y ataque



con el reactivo Nital 4, para posteriormente ser analizadas mediante microscopio y con la ayuda del Software Clémex, se puedan determinar el tamaño de las imperfecciones encontradas en cada una de las muestras metalográficas.


**a) Ensayo metalográfico realizado con E7018**

**Tabla 4.82** Condiciones de junta soldada con E7018 dejado a la intemperie por 6 horas



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO  
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA  
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA



REGISTRO DE DATOS INFORMATIVOS					
<b>Autorizado por:</b>	Ing. Segundo Espín		<b>Realizado por:</b>	Enrique Rosero	
<b>Lugar de realización:</b> Talleres Carrocerías IMCE			<b>Fecha de ejecución:</b> 11/09/2012		
<b>Temperatura ambiente del lugar:</b>		20 °C	<b>Flujo de aire del medio:</b> Estático		
Especificaciones del proceso de soldadura					
<b>DISEÑO DE LA JUNTA</b>				<b>Posición</b>	Plana horizontal 1G
<b>Tipo:</b>	Soldadura	<b>Un solo lado:</b>	si	<b>Técnica:</b>	Cordón rectilíneo
		<b>Ambos lados:</b>	no		Pasada única
<b>Abertura de raíz:</b>		1/8 in.		<b>Proceso:</b>	SMAW
<b>Tipo de unión:</b>		Bisel		<b>Tipo:</b>	Manual
METAL BASE					
<b>Especificaciones del material:</b>			Acero estructural		
<b>Tipo o grado:</b>			ASTM A-36		
<b>Espesor:</b>			4 mm		
<b>Longitud de la probeta:</b>			260 mm		
<b>Característica:</b>			Platina		
<b>Material de aporte:</b>			AWS – 7018 dejado a la intemperie por 6 horas		
RESULTADO:					
					

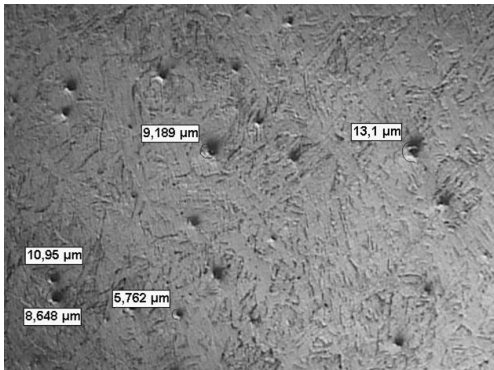
**Fuente:** Realizado por el autor

**Tabla 4.83** Ensayo metalográfico de corte longitudinal junta soldada E7018 dejado a la intemperie por 6 horas



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA**



ENSAYO METALGRÁFICO			
Datos Informativos			
<b>Tipo de estudio:</b>	De Laboratorio	Ensayo N.-	1
<b>Identificación del componente de estudio</b>	<b>Probeta N.-</b>		1
<b>Solicitado por:</b>	Carrocerías IMCE	<b>Fecha:</b>	29/09/2012
<b>Centro de Estudio y Análisis:</b>		Laboratorio de Materiales-FICM	
<b>Realizado por:</b>	Enrique Rosero	<b>Supervisado por:</b>	Ing. Segundo Espín
PARÁMETROS AMBIENTALES DEL LUGAR DURANTE EL ENSAYO			
<b>Lugar:</b>	Sector Huachi Chico / Campus Universitario-UTA		
<b>Temperatura ambiente del lugar:</b> 20 °C			
<b>Otros:</b>			
PARÁMETROS DEL ENSAYO METALGRÁFICO			
<b>Acondicionamiento de la superficie:</b>		Pulido Mecánico	
<b>Lijas utilizadas:</b>	Lija de agua (240, 320, 400, 600, 1000)		
<b>Ataque Químico de la superficie con:</b>		Nital 4	<b>Durante:</b> 6 seg
<b>Apreciación:</b> 100 X			
RESULTADO:			
			
OBSERVACIONES:			
Se encuentran varios lugares en los que se observan imperfecciones debido a porosidades, de las cuales se escogieron 5 y al promediar el tamaño del radio por porosidad se obtuvo un valor de 9.5298 micras.			

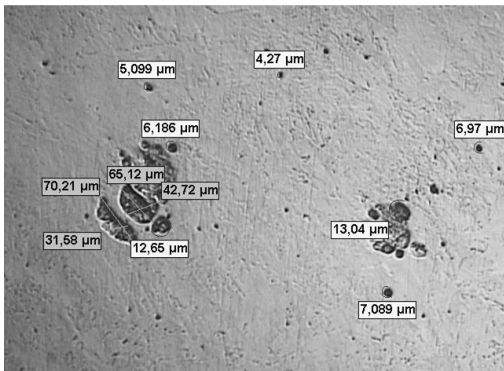
**Fuente:** Realizado por el autor

**Tabla 4.84** Ensayo metalográfico de corte transversal junta soldada E7018 dejado a la intemperie 6 horas



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA**



ENSAYO METALGRÁFICO			
Datos Informativos			
<b>Tipo de estudio:</b>	De Laboratorio	Ensayo N.-	1
<b>Identificación del componente de estudio</b>		<b>Probeta N.-</b>	2
<b>Solicitado por:</b>	Carrocerías IMCE	<b>Fecha:</b>	29/09/2012
<b>Centro de Estudio y Análisis:</b>		Laboratorio de Materiales-FICM	
<b>Realizado por:</b>	Enrique Rosero	<b>Supervisado por:</b>	Ing. Segundo Espín
PARÁMETROS AMBIENTALES DEL LUGAR DURANTE EL ENSAYO			
<b>Lugar:</b>	Sector Huachi Chico / Campus Universitario-UTA		
<b>Temperatura ambiente del lugar:</b> 20 °C			
<b>Otros:</b>			
PARÁMETROS DEL ENSAYO METALGRÁFICO			
<b>Acondicionamiento de la superficie:</b>		Pulido Mecánico	
<b>Lijas utilizadas:</b>	Lija de agua (240, 320, 400, 600, 1000)		
<b>Ataque Químico de la superficie con:</b>		Nital 4	<b>Durante:</b> 6 seg
<b>Apreciación:</b> 100 X			
RESULTADO:			
			
OBSERVACIONES:			
Se observan porosidades de consideración, en el lado izquierdo se aprecia un poro de dimensiones de 70.21 por 31.58 micras, en tanto que al promediar 7 porosidades de diferentes radios se pudo determinar un valor de 7.9 micras.			

**Fuente:** Realizado por el autor

**Tabla 4.85** Condiciones de junta soldada con E7018 secado en el horno a 160 °C durante 1 hora



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA**



REGISTRO DE DATOS INFORMATIVOS			
<b>Autorizado por:</b>	Ing. Segundo Espín	<b>Realizado por:</b>	Enrique Rosero
<b>Lugar de realización:</b> Talleres Carrocerías IMCE		<b>Fecha de ejecución:</b> 11/09/2012	
<b>Temperatura ambiente del lugar:</b>	19.7 °C	<b>Flujo de aire del medio:</b> Estático	

Especificaciones del proceso de soldadura					
<b>DISEÑO DE LA JUNTA</b>			<b>Posición</b>	Plana horizontal 1G	
<b>Tipo:</b>	Soldadura	<b>Un solo lado:</b>	si	<b>Técnica:</b>	Cordón rectilíneo
		<b>Ambos lados:</b>	no		Pasada única
<b>Abertura de raíz:</b>		1/8 in.		<b>Proceso:</b>	SMAW
<b>Tipo de unión:</b>		Bisel		<b>Tipo:</b>	Manual
METAL BASE					
<b>Especificaciones del material:</b>			Acero estructural		
<b>Tipo o grado:</b>			ASTM A-36		
<b>Espesor:</b>			4 mm		
<b>Longitud de la probeta:</b>			281 mm		
<b>Característica:</b>			Platina		
<b>Material de aporte:</b>			AWS – 7018 secado en el horno a 160 °C durante 1 hora		
RESULTADO:					
					

**Fuente:** Realizado por el autor

**Tabla 4.86** Ensayo metalográfico de corte longitudinal junta soldada E7018  
secado en el horno a 160 °C durante 1 hora



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA**



ENSAYO METALGRÁFICO			
Datos Informativos			
<b>Tipo de estudio:</b>	De Laboratorio	Ensayo N.-	1
<b>Identificación del componente de estudio</b>		<b>Probeta N.-</b>	3
<b>Solicitado por:</b>	Carrocerías IMCE	<b>Fecha:</b>	28/09/2012
<b>Centro de Estudio y Análisis:</b>	Laboratorio de Materiales-FICM		
<b>Realizado por:</b>	Enrique Rosero	<b>Supervisado por:</b>	Ing. Segundo Espín
PARÁMETROS AMBIENTALES DEL LUGAR DURANTE EL ENSAYO			
<b>Lugar:</b>	Sector Huachi Chico / Campus Universitario-UTA		
<b>Temperatura ambiente del lugar:</b>	20 °C		
<b>Otros:</b>			
PARÁMETROS DEL ENSAYO METALGRÁFICO			
<b>Acondicionamiento de la superficie:</b>	Pulido Mecánico		
<b>Lijas utilizadas:</b>	Lija de agua (240, 320, 400, 600, 1000)		
<b>Ataque Químico de la superficie con:</b>	Nital 4	<b>Durante:</b>	6 seg
<b>Apreciación:</b>	100 X		
RESULTADO:			
			
OBSERVACIONES:			
Se observa una muestra casi en su totalidad libre de porosidades retenidas, sin embargo se encontró dos porosidades de consideración de 1.162 y 1.072 micras, las mismas que al promediar involucramos un valor de 1.117 micras.			

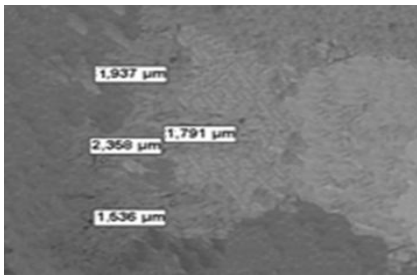
**Fuente:** Realizado por el autor

**Tabla 4.87** Ensayo metalográfico de corte transversal junta soldada E7018 secado en el horno a 160 °C durante 1 hora



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA**



ENSAYO METALGRÁFICO			
Datos Informativos			
<b>Tipo de estudio:</b>	De Laboratorio	Ensayo N.-	1
<b>Identificación del componente de estudio</b>	<b>Probeta N.-</b>		4
<b>Solicitado por:</b>	Carrocerías IMCE	<b>Fecha:</b>	29/09/2012
<b>Centro de Estudio y Análisis:</b>	Laboratorio de Materiales-FICM		
<b>Realizado por:</b>	Enrique Rosero	<b>Supervisado por:</b>	Ing. Segundo Espín
PARÁMETROS AMBIENTALES DEL LUGAR DURANTE EL ENSAYO			
<b>Lugar:</b>	Sector Huachi Chico / Campus Universitario-UTA		
<b>Temperatura ambiente del lugar:</b>	20.3 °C		
<b>Otros:</b>			
PARÁMETROS DEL ENSAYO METALGRÁFICO			
<b>Acondicionamiento de la superficie:</b>	Pulido Mecánico		
<b>Lijas utilizadas:</b>	Lija de agua (240, 320, 400, 600, 1000)		
<b>Ataque Químico de la superficie con:</b>	Nital 4	<b>Durante:</b>	6 seg – 100 X
<b>Apreciación:</b>	100 X		
RESULTADO:			
			
OBSERVACIONES:			
Se observa una mínima cantidad de porosidades, considerando que a una apreciación de 100 X se visualizan 4 porosidades, las mismas que al promediar su radio obtenemos un valor de 1.9305 micras.			

**Fuente:** Realizado por el autor

b) Ensayo metalográfico realizado con E6013


**Tabla 4.88** Condiciones de junta soldada con E6013 dejado a la intemperie por dos semanas



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA**



REGISTRO DE DATOS INFORMATIVOS			
<b>Autorizado por:</b>	Ing. Segundo Espín	<b>Realizado por:</b>	Enrique Rosero
<b>Lugar de realización:</b> Talleres Carrocerías IMCE		<b>Fecha de ejecución:</b> 11/09/2012	
<b>Temperatura ambiente del lugar:</b>	18.9 °C	<b>Flujo de aire del medio:</b> Estático	

Especificaciones del proceso de soldadura					
<b>DISEÑO DE LA JUNTA</b>			<b>Posición</b>	Plana horizontal 1G	
<b>Tipo:</b>	Soldadura	<b>Un solo lado:</b>	si	<b>Técnica:</b>	Cordón rectilíneo
		<b>Ambos lados:</b>	no		Pasada única
<b>Abertura de raíz:</b>		1/8 in.		<b>Proceso:</b>	SMAW
<b>Tipo de unión:</b>		A tope		<b>Tipo:</b>	Manual
METAL BASE					
<b>Especificaciones del material:</b>			Acero estructural		
<b>Tipo o grado:</b>			ASTM A-36		
<b>Espesor:</b>			2 mm		
<b>Longitud de la probeta:</b>			282 mm		
<b>Característica:</b>			Platina		
<b>Material de aporte:</b>			AWS – 6013 dejado a la intemperie por 2 semanas		
RESULTADO:					
					

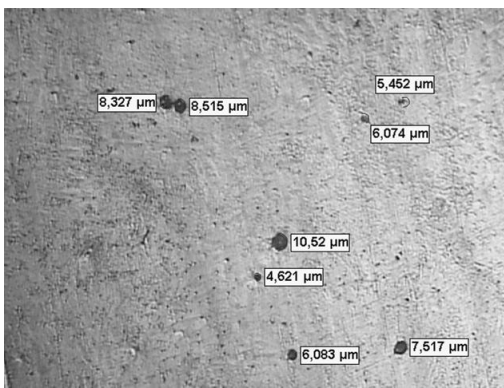
**Fuente:** Realizado por el autor

**Tabla 4.89** Ensayo metalográfico de corte longitudinal junta soldada E6013  
dejado a la intemperie por dos semanas



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA**



ENSAYO METALGRÁFICO			
Datos Informativos			
<b>Tipo de estudio:</b>	De Laboratorio	Ensayo N.-	1
<b>Identificación del componente de estudio</b>	<b>Probeta N.-</b>		1
<b>Solicitado por:</b>	Carrocerías IMCE	<b>Fecha:</b>	29/09/2012
<b>Centro de Estudio y Análisis:</b>		Laboratorio de Materiales-FICM	
<b>Realizado por:</b>	Enrique Rosero	<b>Supervisado por:</b>	Ing. Segundo Espín
PARÁMETROS AMBIENTALES DEL LUGAR DURANTE EL ENSAYO			
<b>Lugar:</b>	Sector Huachi Chico / Campus Universitario-UTA		
<b>Temperatura ambiente del lugar:</b> 20 °C			
<b>Otros:</b>			
PARÁMETROS DEL ENSAYO METALGRÁFICO			
<b>Acondicionamiento de la superficie:</b>		Pulido Mecánico	
<b>Lijas utilizadas:</b>	Lija de agua (240, 320, 400, 600, 1000)		
<b>Ataque Químico de la superficie con:</b>		Nital 4	<b>Durante:</b> 6 seg.
<b>Apreciación:</b> 100 X			
RESULTADO:			
			
OBSERVACIONES:			
Se encuentran varios lugares en los que se observan imperfecciones debido a porosidades, de las cuales se escogieron 8 de diferentes tamaños, porosidades que al promediar su radio se obtuvo un valor de 7.138 micras.			

**Fuente:** Realizado por el autor



**Tabla 4.90** Ensayo metalográfico de corte transversal junta soldada E6013 dejado a la intemperie por dos semanas



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA**



ENSAYO METALGRÁFICO			
Datos Informativos			
<b>Tipo de estudio:</b>	De Laboratorio	Ensayo N.-	2
<b>Identificación del componente de estudio</b>		<b>Probeta N.-</b>	6
<b>Solicitado por:</b>	Carrocerías IMCE	<b>Fecha:</b>	29/09/2012
<b>Centro de Estudio y Análisis:</b>		Laboratorio de Materiales-FICM	
<b>Realizado por:</b>	Enrique Rosero	<b>Supervisado por:</b>	Ing. Segundo Espín
PARÁMETROS AMBIENTALES DEL LUGAR DURANTE EL ENSAYO			
<b>Lugar:</b>	Sector Huachi Chico / Campus Universitario-UTA		
<b>Temperatura ambiente del lugar:</b> 20 °C			
<b>Otros:</b>			
PARÁMETROS DEL ENSAYO METALGRÁFICO			
<b>Acondicionamiento de la superficie:</b>		Pulido Mecánico	
<b>Lijas utilizadas:</b>	Lija de agua (240, 320, 400, 600, 1000)		
<b>Ataque Químico de la superficie con:</b>		Nital 4	<b>Durante:</b> 6 seg
<b>Apreciación:</b> 100 X			
RESULTADO:			
OBSERVACIONES:			
Se observan un número considerable de porosidades que van desde un valor de 4.701 hasta 12.85 micras, se ha considerado una muestra de 10 porosidades, las mismas que al promediar se obtuvo un valor de 6.9 micras.			

**Fuente:** Realizado por el autor

**Tabla 4.91** Condiciones de junta soldada con E6013 secado en el horno a 150 °C durante 1 hora



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA**



REGISTRO DE DATOS INFORMATIVOS			
<b>Autorizado por:</b>	Ing. Segundo Espín	<b>Realizado por:</b>	Enrique Rosero
<b>Lugar de realización:</b> Talleres Carrocerías IMCE		<b>Fecha de ejecución:</b> 11/09/2012	
<b>Temperatura ambiente del lugar:</b>	19.9 °C	<b>Flujo de aire del medio:</b> Estático	

Especificaciones del proceso de soldadura					
<b>DISEÑO DE LA JUNTA</b>			<b>Posición</b>	Plana horizontal 1G	
<b>Tipo:</b>	Soldadura	<b>Un solo lado:</b>	si	<b>Técnica:</b>	Cordón rectilíneo
		<b>Ambos lados:</b>	no		Pasada única
<b>Abertura de raíz:</b>		1/8 in.		<b>Proceso:</b>	SMAW
<b>Tipo de unión:</b>		A tope		<b>Tipo:</b>	Manual
METAL BASE					
<b>Especificaciones del material:</b>			Acero estructural		
<b>Tipo o grado:</b>			ASTM A-36		
<b>Espesor:</b>			2 mm		
<b>Longitud de la probeta:</b>			293 mm		
<b>Característica:</b>			Platina		
<b>Material de aporte:</b>			AWS – 6013 secado en el horno a 150 °C durante 1 hora		
RESULTADO:					
					

**Fuente:** Realizado por el autor

**Tabla 4.92** Ensayo metalográfico de corte longitudinal junta soldada E6013  
secado en el horno a 150 °C durante 1 hora



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA**



ENSAYO METALGRÁFICO			
Datos Informativos			
<b>Tipo de estudio:</b>	De Laboratorio	Ensayo N.-	2
<b>Identificación del componente de estudio</b>	<b>Probeta N.-</b>		7
<b>Solicitado por:</b>	Carrocerías IMCE	<b>Fecha:</b>	26/09/2012
<b>Centro de Estudio y Análisis:</b>	Laboratorio de Materiales-FICM		
<b>Realizado por:</b>	Enrique Rosero	<b>Supervisado por:</b>	Ing. Segundo Espín
PARÁMETROS AMBIENTALES DEL LUGAR DURANTE EL ENSAYO			
<b>Lugar:</b>	Sector Huachi Chico / Campus Universitario-UTA		
<b>Temperatura ambiente del lugar:</b>	20 °C		
<b>Otros:</b>			
PARÁMETROS DEL ENSAYO METALGRÁFICO			
<b>Acondicionamiento de la superficie:</b>	Pulido Mecánico		
<b>Lijas utilizadas:</b>	Lija de agua (240, 320, 400, 600, 1000)		
<b>Ataque Químico de la superficie con:</b>	Nital 4	<b>Durante:</b>	6 seg.
<b>Apreciación:</b>	100 X		
RESULTADO:			
			
OBSERVACIONES:			
Se observa una muestra casi en su totalidad libre de porosidades retenidas, sin embargo se encontró cinco porosidades de consideración, las mismas que al promediar involucramos un valor de 2.0132 micras de radio.			

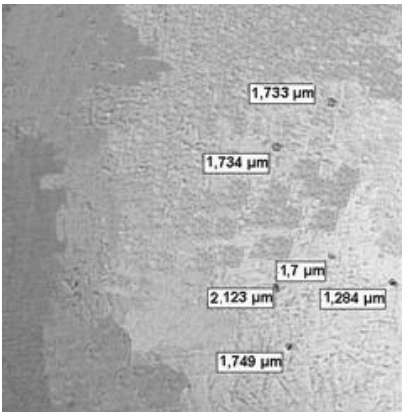
**Fuente:** Realizado por el autor

**Tabla 4.93** Ensayo metalográfico de corte transversal junta soldada E6013 secado en el horno a 150 °C durante 1 hora



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA**



ENSAYO METALGRÁFICO			
Datos Informativos			
<b>Tipo de estudio:</b>	De Laboratorio	Ensayo N.-	1
<b>Identificación del componente de estudio</b>	<b>Probeta N.-</b>		4
<b>Solicitado por:</b>	Carrocerías IMCE	<b>Fecha:</b>	26/09/2012
<b>Centro de Estudio y Análisis:</b>		Laboratorio de Materiales-FICM	
<b>Realizado por:</b>	Enrique Rosero	<b>Supervisado por:</b>	Ing. Segundo Espín
PARÁMETROS AMBIENTALES DEL LUGAR DURANTE EL ENSAYO			
<b>Lugar:</b>	Sector Huachi Chico / Campus Universitario-UTA		
<b>Temperatura ambiente del lugar:</b> 20 °C			
<b>Otros:</b>			
PARÁMETROS DEL ENSAYO METALGRÁFICO			
<b>Acondicionamiento de la superficie:</b>		Pulido Mecánico	
<b>Lijas utilizadas:</b>	Lija de agua (240, 320, 400, 600, 1000)		
<b>Ataque Químico de la superficie con:</b>		Nital 4	<b>Durante:</b> 6 seg
<b>Apreciación:</b> 100 X			
RESULTADO:			
			
OBSERVACIONES:			
Se observa una mínima cantidad de porosidades, de las que se consideran 6, las que al promediar su radio obtenemos un valor de 1.7205 micras.			

**Fuente:** Realizado por el autor

c) Ensayo metalográfico realizado con E6011

**Tabla 4.94** Condiciones de junta soldada con E6011 dejado a la intemperie por dos semanas

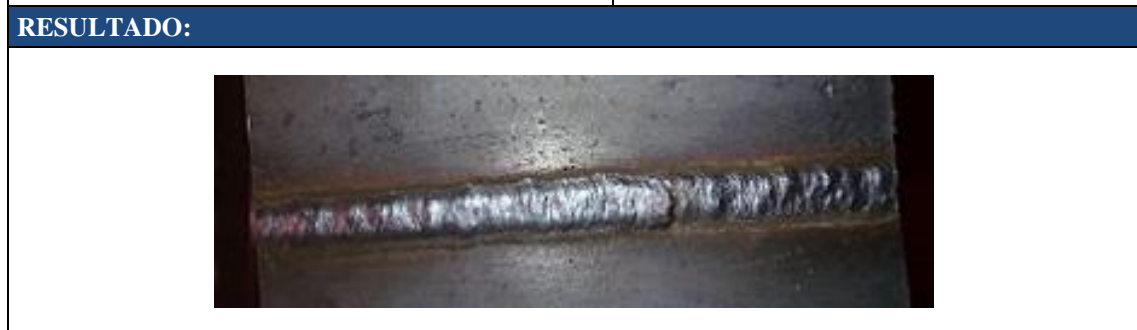


**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA**



REGISTRO DE DATOS INFORMATIVOS			
<b>Autorizado por:</b>	Ing. Segundo Espín	<b>Realizado por:</b>	Enrique Rosero
<b>Lugar de realización:</b>	Talleres Carrocerías IMCE	<b>Fecha de ejecución:</b>	12/09/2012
<b>Temperatura ambiente del lugar:</b>	17.9 °C	<b>Flujo de aire del medio:</b>	Estático

Especificaciones del proceso de soldadura					
<b>DISEÑO DE LA JUNTA</b>			<b>Posición</b>	Plana horizontal 1G	
<b>Tipo:</b>	Soldadura	<b>Un solo lado:</b>	si	<b>Técnica:</b>	Cordón rectilíneo
		<b>Ambos lados:</b>	no		Pasada única
<b>Abertura de raíz:</b>		1/8 in.		<b>Proceso:</b>	SMAW
<b>Tipo de unión:</b>		A tope		<b>Tipo:</b>	Manual
METAL BASE					
<b>Especificaciones del material:</b>			Acero estructural		
<b>Tipo o grado:</b>			ASTM A-36		
<b>Espesor:</b>			2 mm		
<b>Longitud de la probeta:</b>			281 mm		
<b>Característica:</b>			Platina		
<b>Material de aporte:</b>			AWS – 6011 dejado a la intemperie por 2 semanas		



**Fuente:** Realizado por el autor

**Tabla 4.95** Ensayo metalográfico de corte longitudinal junta soldada E6011  
dejado a la intemperie por dos semanas



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA**



ENSAYO METALGRÁFICO			
Datos Informativos			
<b>Tipo de estudio:</b>	De Laboratorio	Ensayo N.-	1
<b>Identificación del componente de estudio</b>	<b>Probeta N.-</b>		1
<b>Solicitado por:</b>	Carrocerías IMCE	<b>Fecha:</b>	28/09/2012
<b>Centro de Estudio y Análisis:</b>		Laboratorio de Materiales-FICM	
<b>Realizado por:</b>	Enrique Rosero	<b>Supervisado por:</b>	Ing. Segundo Espín
PARÁMETROS AMBIENTALES DEL LUGAR DURANTE EL ENSAYO			
<b>Lugar:</b>	Sector Huachi Chico / Campus Universitario-UTA		
<b>Temperatura ambiente del lugar:</b> 20 °C			
<b>Otros:</b>			
PARÁMETROS DEL ENSAYO METALGRÁFICO			
<b>Acondicionamiento de la superficie:</b>		Pulido Mecánico	
<b>Lijas utilizadas:</b>	Lija de agua (240, 320, 400, 600, 1000)		
<b>Ataque Químico de la superficie con:</b>		Nital 4	<b>Durante:</b> 6 seg
<b>Apreciación:</b> 100 X			
RESULTADO:			
OBSERVACIONES:			
Se encuentran varios lugares en los que se observan imperfecciones debido a porosidades, de las cuales se escogieron 12 de diferentes tamaños, porosidades que al promediar su radio se obtuvo un valor de 10.84 micras.			

**Fuente:** Realizado por el autor

**Tabla 4.96** Ensayo metalográfico de corte transversal junta soldada E6011 dejado a la intemperie por dos semanas



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA**



ENSAYO METALGRÁFICO			
Datos Informativos			
<b>Tipo de estudio:</b>	De Laboratorio	Ensayo N.-	2
<b>Identificación del componente de estudio</b>	<b>Probeta N.-</b>		6
<b>Solicitado por:</b>	Carrocerías IMCE	<b>Fecha:</b>	28/09/2012
<b>Centro de Estudio y Análisis:</b>	Laboratorio de Materiales-FICM		
<b>Realizado por:</b>	Enrique Rosero	<b>Supervisado por:</b>	Ing. Segundo Espín
PARÁMETROS AMBIENTALES DEL LUGAR DURANTE EL ENSAYO			
<b>Lugar:</b>	Sector Huachi Chico / Campus Universitario-UTA		
<b>Temperatura ambiente del lugar:</b>	20 °C		
<b>Otros:</b>			
PARÁMETROS DEL ENSAYO METALGRÁFICO			
<b>Acondicionamiento de la superficie:</b>	Pulido Mecánico		
<b>Lijas utilizadas:</b>	Lija de agua (240, 320, 400, 600, 1000)		
<b>Ataque Químico de la superficie con:</b>	Nital 4	<b>Durante:</b>	6 seg
<b>RESULTADO:</b>			
OBSERVACIONES:			
Se observan un número considerable de porosidades que van desde un valor de 4.693 hasta 12.33 micras, se ha considerado una muestra de 13 porosidades, las mismas que al promediar se obtuvo un valor de 7.048 micras.			

**Fuente:** Realizado por el autor


**Tabla 4.97** Condiciones de junta soldada con E6011 secado en el horno a 100 °C durante 1 hora



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA**



REGISTRO DE DATOS INFORMATIVOS			
<b>Autorizado por:</b>	Ing. Segundo Espín	<b>Realizado por:</b>	Enrique Rosero
<b>Lugar de realización:</b> Talleres Carrocerías IMCE		<b>Fecha de ejecución:</b> 12/09/2012	
<b>Temperatura ambiente del lugar:</b>	20.3 °C	<b>Flujo de aire del medio:</b> Estático	

Especificaciones del proceso de soldadura					
<b>DISEÑO DE LA JUNTA</b>			<b>Posición</b>	Plana horizontal 1G	
<b>Tipo:</b>	Soldadura	<b>Un solo lado:</b>	si	<b>Técnica:</b>	Cordón rectilíneo
		<b>Ambos lados:</b>	no		Pasada única
<b>Abertura de raíz:</b>		1/8 in.		<b>Proceso:</b>	SMAW
<b>Tipo de unión:</b>		A tope		<b>Tipo:</b>	Manual
METAL BASE					
<b>Especificaciones del material:</b>			Acero estructural		
<b>Tipo o grado:</b>			ASTM A-36		
<b>Espesor:</b>			2 mm		
<b>Longitud de la probeta:</b>			291 mm		
<b>Característica:</b>			Platina		
<b>Material de aporte:</b>			AWS – 6011 secado en el horno a 100 °C durante 1 hora		
RESULTADO:					
					

**Fuente:** Realizado por el autor

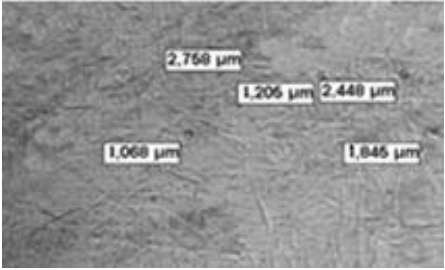


**Tabla 4.98** Ensayo metalográfico de corte longitudinal junta soldada E6011  
secado en el horno a 100 °C durante 1 hora



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA**



ENSAYO METALGRÁFICO			
Datos Informativos			
<b>Tipo de estudio:</b>	De Laboratorio	Ensayo N.-	2
<b>Identificación del componente de estudio</b>	<b>Probeta N.-</b>		7
<b>Solicitado por:</b>	Carrocerías IMCE	<b>Fecha:</b>	26/09/2012
<b>Centro de Estudio y Análisis:</b>		Laboratorio de Materiales-FICM	
<b>Realizado por:</b>	Enrique Rosero	<b>Supervisado por:</b>	Ing. Segundo Espín
PARÁMETROS AMBIENTALES DEL LUGAR DURANTE EL ENSAYO			
<b>Lugar:</b>	Sector Huachi Chico / Campus Universitario-UTA		
<b>Temperatura ambiente del lugar:</b> 20 °C			
<b>Otros:</b>			
PARÁMETROS DEL ENSAYO METALGRÁFICO			
<b>Acondicionamiento de la superficie:</b>		Pulido Mecánico	
<b>Lijas utilizadas:</b>	Lija de agua (240, 320, 400, 600, 1000)		
<b>Ataque Químico de la superficie con:</b>		Nital 4	<b>Durante:</b> 6 seg
<b>Apreciación:</b> 100 X			
RESULTADO:			
			
OBSERVACIONES:			
Se observa una muestra en la que se visualiza pocas porosidades, se han tomado cinco y se ha obtenido un promedio de 1.86 micras.			

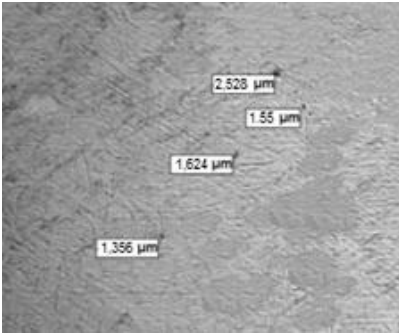
**Fuente:** Realizado por el autor

**Tabla 4.99** Ensayo metalográfico de corte transversal junta soldada E6011 secado en el horno a 100 °C durante 1 hora



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA**



ENSAYO METALGRÁFICO			
Datos Informativos			
<b>Tipo de estudio:</b>	De Laboratorio	Ensayo N.-	1
<b>Identificación del componente de estudio</b>	<b>Probeta N.-</b>		4
<b>Solicitado por:</b>	Carrocerías IMCE	<b>Fecha:</b>	26/09/2012
<b>Centro de Estudio y Análisis:</b>		Laboratorio de Materiales-FICM	
<b>Realizado por:</b>	Enrique Rosero	<b>Supervisado por:</b>	Ing. Segundo Espín
PARÁMETROS AMBIENTALES DEL LUGAR DURANTE EL ENSAYO			
<b>Lugar:</b>	Sector Huachi Chico / Campus Universitario-UTA		
<b>Temperatura ambiente del lugar:</b> 20.2 °C			
<b>Otros:</b>			
PARÁMETROS DEL ENSAYO METALGRÁFICO			
<b>Acondicionamiento de la superficie:</b>		Pulido Mecánico	
<b>Lijas utilizadas:</b>	Lija de agua (240, 320, 400, 600, 1000)		
<b>Ataque Químico de la superficie con:</b>		Nital 4	<b>Durante:</b> 6 seg
RESULTADO:			
			
OBSERVACIONES:			
Se observa una mínima cantidad de porosidades, sin embargo se consideran 4 porosidades, las mismas que al promediar su radio obtenemos un valor de 1.7655 micras.			

**Fuente:** Realizado por el autor

## 4.2 INTERPRETACIÓN DE LOS DATOS

Una vez realizadas los ensayos con los diferentes tipos de electrodos se pudo determinar que se tiene una tendencia a acertar los tiempos recomendados por la norma para realizar estas pruebas de secado, con lo que se determina que el equipo funciona de una manera óptima al momento del secado.

Adicionalmente en el ensayo de rendimiento de los electrodos al realizar el mismo con E7018, se pudo determinar que estos luego de ser sometidos al equipo de conservación, mejoran considerablemente en su rendimiento, en aproximadamente un 40%, al comparar placas soldadas con E7018 sacados de la funda; este valor de porcentaje se ve considerablemente reflejado en costos que representan ganancia o pérdida para la empresa.

De lo que se puede concluir que en estas condiciones al hacer una relación entre los electrodos que se les dejó a la intemperie con los que son conservados en el equipo de secado, se puede determinar en base al consumo de kilogramos de electrodos por carrocería estandarizado que es de 10 Kilogramos en el soldado de bases, ha variado considerablemente con la implementación del equipo, con el que se lograría utilizar ya no 10 Kilogramos, sino un aproximado de 6,7 Kilogramos, valores que se ven reflejados en reducción de costos y por ende optimización de recursos para la empresa.

De los ensayos metalográficos realizados en el primer caso dado en E7018 dejado a la intemperie, se puede observar claramente un área bastante poblada de porosidades con tamaños de radios considerables, tanto en las muestras realizadas en corte longitudinal como transversal al cordón de soldadura, con tamaños de radio de los poros de 9.5298 y 7.9 micras, respectivamente

Cabe recalcar que en las muestras tomadas con E7018 sometido al equipo de secado, en corte longitudinal como transversal del cordón de soldadura, se observa claramente una superficie casi en su totalidad libre de porosidades retenidas con

rangos promedio de 1.117 a 1.9305 micras de radio, que al comparar con las tomadas en las muestras anteriormente mencionadas se tiene una disminución promedio de porosidades en el corte longitudinal del 88 %; en tanto que en el corte transversal se tiene una reducción del 75.56 %.

Para el caso de electrodos 6013 dejados a la intemperie, en el corte longitudinal del cordón de soldadura se obtuvo un valor de radio promedio de 7.1318 micras, en tanto que en el corte transversal del cordón se consideró un valor de radio promedio de 6.9 micras. Al someter los E6013 al equipo de secado se obtuvo un valor de radio promedio en corte longitudinal al cordón de 2.0132 micras; en tanto que en corte transversal al cordón se determinó un valor de radio promedio de 1.705 micras. Igualmente que en el caso anterior se consiguió reducir en gran medida el grado de porosidades al secar a los electrodos, dándose un comparativo en el caso de corte longitudinal al cordón realizado con E6013, una reducción del 71.79 % de porosidades promedio. En tanto que en el caso del corte transversal al cordón se consiguió reducir un 75.06 % las porosidades.

Finalmente en el caso de E6011 dejado a la intemperie, en el corte longitudinal del cordón de soldadura se obtuvo un valor promedio de radio de 10.84 micras, en tanto que en el corte transversal del cordón se consideró un valor de radio promedio de 7.048 micras. Al someter a los electrodos al equipo de secado se obtuvo un valor de radio promedio en corte longitudinal al cordón de 1.86 micras; en tanto que, en corte transversal al cordón se determinó un valor de radio promedio de 1.7655 micras. De manera similar que en los casos anteriores se logra reducir el grado de porosidades al someter a los electrodos al proceso de secado, dándose un comparativo en el caso de corte longitudinal al cordón realizado con E6011, una reducción del 82.84 % de porosidades promedio. En tanto que en el caso del corte transversal al cordón se consiguió reducir un 74.95 % las porosidades.

En todos los casos en los que se somete a los electrodos, sin importar el revestimiento al proceso de secado, se logra reducir la cantidad de poros en el

cordón de soldadura, lo que a su vez, involucra una reducción de microfisuras retenidas por exceso de humedad durante la formación del cordón, con lo que de esta manera se ha demostrado también la reducción de humedad a nivel microestructural en la junta soldada.

### 4.3 VERIFICACIÓN DE HIPÓTESIS

De los datos obtenidos y recolectados en los ensayos metalográficos se tiene el siguiente resumen expresado en la tabla a continuación:

**Tabla 4.100** Radio promedio de porosidades halladas en muestras metalográficas en electrodos dejados a la intemperie

Electrodos/ Muestras	E7018 Radio (um.)	E6013 Radio (um.)	E6011 Radio (um.)
Corte Longitudinal	9,5298	7,138	10,84
Corte Transversal	7,9	6,9	7,048

**Fuente:** Realizado por el autor

**Tabla 4.101** Radio promedio de porosidades halladas en muestras metalográficas en electrodos secados

Electrodos/ Muestras	E7018 Radio (um.)	E6013 Radio (um.)	E6011 Radio (um.)
Corte Longitudinal	1,117	2,0132	1,86
Corte Transversal	1,9305	1,7205	1,7655

**Fuente:** Realizado por el autor

De los datos obtenidos se puede apreciar que conforme se somete a los electrodos revestidos al proceso de secado se tiene una considerable disminución de porosidades en las muestras tomadas en valores que se van desde el 74.95 % hasta el 88 %.

Esta apreciación es notable debido a que conforme se aumenta la temperatura y el tiempo de secado en los electrodos, la humedad desciende y por ende se tiene una disminución considerable de porosidades presentes a nivel microestructural, lo

que a su vez esto se ve reflejado en una minimización de formación de fisuras en la soldadura.

Como condiciones adicionales que sustentan la verificación de la hipótesis tenemos las siguientes apreciaciones:

- Se ha reducido el nivel de humedad recomendado por la norma AWS A5.1-81, en valores inferiores o cercanos al 0,5% de humedad para soldar con electrodos revestidos celulósicos, rutílicos y de bajo hidrógeno, valores que se consideran bastante aceptables por la norma.
- Se ha logrado aprovechar de una manera mucho más eficiente las bondades del electrodo, ya que se ha reducido el número de Kilogramos que se empleaba en la actividad de soldado de bases para carrocería, optimizando el electrodo de bajo hidrógeno utilizado para el soldado de bases en un 40%.

## **CAPÍTULO V**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

#### **5.1 CONCLUSIONES**

- Se determinó que el equipo idóneo para el secado de los electrodos revestidos es un horno eléctrico de tipo mufla, primeramente debido a que su construcción es fácil, utiliza como elemento de calentamiento resistencias eléctricas; y porque es básicamente el sistema empleado en hornos estacionarios de conservación de electrodos revestidos.
- Al momento de realizar los cordones de soldadura sobre juntas soldadas con electrodo secado en el horno se tiene una fácil fusión del electrodo con la junta y adicionalmente luego de haber realizado el cordón se tiene un mejor acabado, así como también una fácil remoción de la escoria dejada por el revestimiento.
- De los ensayos realizados se determinó que conforme se sigue incrementado la temperatura de secado se va reduciendo de manera considerable los niveles de humedad y consecuentemente se cumplen los requerimientos dados por la norma AWS 5.1-81.
- Se ha considerado que el equipo está diseñado para cumplir el requerimiento de secado de los electrodos, teniendo en cuenta que se puede secar cualquier tipo de electrodo sin importar el revestimiento, ya sea de tipo Celulósico, Rutílico o de Bajo Hidrógeno, considerando que se puede someter a proceso

de secado, electrodos de un solo tipo de revestimiento; ya que su tratamiento es distinto debido a su composición.

- Se ha comprobado de acuerdo a la norma AWS D1.1, que transcurrido al menos de cuatro a nueve horas de permanencia al ambiente de los electrodos de bajo hidrógeno (E7018), los mismos absorben considerablemente el contenido de humedad del ambiente, por lo que al ser los más propensos a absorber humedad conforme a la norma, además por ser empleados en la soldadura de las bases de la carrocería, que a su vez son los elementos primordiales donde se soporta todo el peso del vehículo carrozado; se ha visto necesario que es el electrodo ideal a ser tratado en el equipo construido de secado en la empresa.
- En el presente proyecto de investigación se ha visto considerable aplicar 2 tipos de ensayos a fin de determinar los niveles de humedad, siendo considerado el primer caso como el más extremo en el que se humedecieron el revestimiento de los electrodos y el caso en el que se dejó que la humedad actúe sobre el electrodo luego de dejarlo a la intemperie durante un tiempo de 2 semanas. Al tomar el caso de E7018 con la temperatura de secado de 350 °C en ambos casos, se puede observar de los datos recabados que al tiempo de 2 horas de permanencia en el horno, los electrodos tienden a llegar o bajar del valor mencionado por la norma de 0.5 %; dándose que en el primer caso que se tendría que mantener un período de permanencia en el equipo de 120 minutos para llegar a reducir el valor dado por la norma; en tanto que en el ensayo en el que se dejan a la intemperie a los electrodos durante un periodo de dos semanas, se consigue llegar al valor establecido como máximo de humedad por la norma a los 90 minutos de permanencia y conforme se mantiene en incremento el tiempo de estancia se llega a valores de 0.47 y 0.44 % a los minutos 100 y 120 respectivamente.
- Se determinó construir una placa electrónica, en lugar de utilizar relés y contactores; esta placa destinada a la función de control, en la que se instaló



un microcontrolador PIC16F877, con el que se ha optimizado de mejor manera costos, espacio e incluso aparatos de control mucho más caros, menos versátiles y de dificultad de encontrarlos en el mercado, adicionalmente se utilizó dicho PIC debido a que se encuentra dispuesto de 33 entradas-salidas, de acuerdo con la necesidad del proyecto se ha utilizado en este micro 17 pines, de las cuales están destinadas, 6 entradas para los botones, 6 salidas para el LCD, 1 entrada analógica, esto para leer la termocupla, 2 para controlar los relés y 2 para la interfaz con el DS1307.

- Luego de la implementación de este equipo en la empresa se tiene un optimización bastante considerable en rendimiento de los electrodos puesto que en lugar de utilizar un aproximado de 10 Kilogramos, ahora se encuentra utilizando un promedio de alrededor de entre 6.7 a 7.5 Kilogramos, valores que se ahorra la empresa y a su vez que son reflejados en reducción de costos y por ende optimización de recursos.
- Se ha visto necesario equipar al horno de una termocupla tipo K puesto que la misma se puede encontrar en el mercado, es económica y adicionalmente es compatible en gran medida con el PIC16f87, que fue utilizado en la placa para operar el equipo.
- Dentro del sistema se ha incluido un reloj de tiempo real RTC DS1307, puesto que este reloj viene incorporado con una pila que marca el tiempo real, con lo que si en caso de no existir flujo eléctrico el mismo sigue marcando normalmente el tiempo y hora marcadas.
- Es considerable que en el caso de recuperación de electrodos 6011 sometidos a la intemperie, ubicarlos en el equipo de secado a una temperatura de 100 °C durante un tiempo de 40 a 50 minutos para que puedan nuevamente ser utilizados, ya con el valor de 0.5 % de humedad relativa.

- De los resultados obtenidos en ambos ensayos de extracción humedad, se puede deducir que en los dos casos en los tres tipos de electrodos ensayados se obtuvieron valores bastante cercanos a la norma, incluso en todos los casos en los que al electrodo se lo dejó durante el periodo de dos semanas a la intemperie, se logró bajar de manera considerable el valor dado como máximo por la norma AWS A5.1-81, esto se ve reflejado puesto a que los equipos de secado de electrodos revestidos son construidos con material aislante de fibra de vidrio, en este caso para mejorar la eficiencia del equipo se lo ha realizado con manta cerámica que conserva de mejor manera el calor.
- Del total de muestras metalográficas realizadas se ha podido determinar de manera microestructural que el tratamiento de secado que se les brinda a los electrodos en su revestimiento, comparando con los sometidos a la intemperie, reduce en promedio en el corte longitudinal a la sección del cordón un 80.88 % de porosidades, en tanto que en corte transversal se reduce en un 75.19 %; valores que reflejan que el índice de humedad retenida en el cordón de soldadura se ha reducido de manera considerable.
- De los ensayos realizados para mantenimiento de los electrodos en el caso del 7018 se pudo observar que incluso dejando al electrodo a la intemperie durante solo 2 horas absorbió una cantidad considerable de humedad relativa del ambiente que fue extraída y reducida al valor de 0.4% durante la permanencia de una hora en el equipo de secado a una temperatura de 160 °C con lo que es un valor excelente para soldar con este tipo de electrodo puesto que es el que más absorbe humedad del ambiente con solo sacarlo del empaque original.

## 5.2 RECOMENDACIONES

- Procurar luego de haber realizado algún tipo de trabajo de soldadura, si se da el caso de que hayan sobrado cierto número de electrodos revestidos, someterlos nuevamente a reacondicionamiento en el equipo de secado.
- Se ha podido determinar que el lugar donde se da mayor cantidad por pérdidas al momento de apertura es la puerta, por lo que se ha visto considerable el ubicar un caucho empaque para altas temperaturas.
- Es de vital importancia que luego de haber sido abierta una caja de electrodos revestidos, sobre todo los E7018, se sometan a una temperatura de mantenimiento para conservar sus revestimientos en condiciones óptimas de soldabilidad.
- Para obtener un mejor funcionamiento del equipo, se ha considerado programar al PIC dentro de un rango de histéresis de  $\pm 10$  °C, con lo que se logra que el contactor se active según lo requiera el sistema de calentamiento.
- Es de vital importancia al momento de manipulación de los electrodos del equipo se lo realice usando guantes y considerando las recomendaciones dadas en la guía de seguridad.
- Ya que el sistema diseñado como un equipo de precisión en el manejo de niveles de temperatura, se recomienda el no colocar objetos extraños o derramar líquidos cerca del circuito electrónico.
- Al momento de realizar los ensayos de determinación de nivel de humedad se debe tener en cuenta, que los revestimientos de los electrodos a ensayar se

encuentren libres de trizaduras o rotos, en caso de presentarse esta eventualidad desecharlos.

- Al momento de realizar el ensayo de determinación de niveles de rendimiento de los electrodos revestidos es de vital importancia que la persona que realice dicho ensayo tenga sólidos conocimientos de regulación de la soldadora que manipule y tenga amplia experiencia en soldadura con E7018.
- Al momento de manipular el material aislante en el equipo de secado es de vital importancia utilizar guantes y mascarilla, puesto que la manipulación directa con este material puede ocasionar lesiones a nivel de piel y sistema respiratorio.
- Es considerable actuar ágilmente al momento de retirar los electrodos del equipo para pesarlos, puesto que se puede tener lecturas falsas en los pesajes.
- Se ha dispuesto a la termocupla de un cable de salida que se conecta a la placa esto a fin de que se evite señales por ruido de la maquinaria que se encuentre alrededor del equipo operando.

## **CAPÍTULO VI**

### **PROPUESTA**

#### **6.1 DATOS INFORMATIVOS**

Lo que se propone con la implementación de este tema de investigación es la aplicación de parámetros fundamentales para funcionamiento y operación del equipo de secado, mediante los cuales el sistema funcione de manera óptima y cumpla con los requerimientos de secado por el cual fue construido.

De la investigación realizada previamente en los capítulos anteriores se determinó que el equipo de secado seleccionado es un horno eléctrico tipo mufla, que presenta ventajas económicas e higiénicas debido a que no existe mezcla de los materiales a calentar con los combustibles, ya que el calor se genera con resistencias eléctricas en su cámara de calentamiento. El equipo goza de las dimensiones de 300 mm de ancho, 300 mm de alto y 400 mm de profundidad. El rango de temperatura de operación está dada desde los 17 °C hasta los 400 °C. Para medición de rango de temperatura se encuentra dispuesto de una termocupla tipo K.

Adicionalmente el equipo opera con un voltaje de 110 V, y tiene una potencia nominal de 2000 Wattios calculada con carga.

El equipo está dotado de un Microcontrolador de gama media PIC16f877, un adaptador de termocuplas AD595 y un reloj DS1307, que le ayudará a funcionar dentro de los parámetros de temperatura óptima de secado, iniciando su operación a las 6 de la mañana con una temperatura de 350 °C durante 2 horas,

posteriormente se reduce a una temperatura de 120 °C que está en el rango que recomienda la norma AWS A5.1-81 para el funcionamiento óptimo del E7018.

## **6.2 ANTECEDENTES DE LA PROPUESTA**

Carrocerías IMCE presentaba un problema serio con la soldadura de bases de apoyo donde se asienta la carrocería, bases en las que en muchos de los casos presentaban ligeras fisuras en el momento de realizar revisiones de reajustes y mantenimientos de unidades que habían sido fabricadas hace cierto tiempo.

Mediante la implementación de un sistema de calentamiento automatizado se lograría mejorar al equipo que en un principio funcionaba mediante contactores y relés de tiempo para el manejo de temperaturas y tiempos relacionados con el E7018, con el que se realiza el resoldeo de los apoyos o bases en la carrocería.

## **6.3 JUSTIFICACIÓN**

El presente proyecto se lo desarrolla con la finalidad de que el equipo funcione de una manera automatizada mediante la implementación de un PIC con su respectiva placa electrónica, con el fin de garantizar que los elementos conocidos como electrodos funcionen de una manera óptima el momento de realizar juntas soldadas y con el fin primordial de disminuir los defectos de soldadura en el área de estructura y preparación de chasis, donde se realiza el resoldeo de la carrocería con E7018.

Es aquí en estos dos procesos donde fundamentalmente se juega con el prestigio de la empresa, debido a que estos electrodos se utilizan en la soldadura de las escuadras que sujetan y donde se ensambla el chasis con la carrocería, considerándose este proceso primordial y de alta responsabilidad, ya que de este depende que el bus terminado en un futuro tenga la garantía necesaria de rodar por las carreteras de nuestro país.

Considerando adicionalmente que la demanda de electrodos E7018 que se utiliza en esta empresa por carrocería construida es de 9 Kilogramos, en la empresa mensualmente se construyen en promedio alrededor de 5 a 7 carrocerías, se tiene que la necesidad de carga que debe tener el horno es de alrededor de 10 Kilogramos para abastecerse entre carrocería y carrocería.

La automatización que se va a implementar ayudará a que el sistema de calentamiento opere manteniendo el nivel de humedad óptimo para funcionamiento del E7018. Adicionalmente se plantea realizar una guía de funcionamiento, operación, seguridad y mantenimiento del equipo de calentamiento.

## **6.4 OBJETIVOS**

### **6.4.1 Objetivo General**

Implementar el equipo de secado automatizado con el que se pueda controlar tiempos y temperaturas de secado de los electrodos revestidos.

### **6.4.2 Objetivos Específicos**

- Realizar una guía de manejo, operación y parámetros de seguridad mediante los cuales el equipo de secado debe funcionar de manera óptima en la empresa.
- Implementar los controladores necesarios que permitan regular los tiempos y temperaturas óptimos para el buen funcionamiento y operación del E7018.

## 6.5 ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD

### 6.5.1 Análisis Técnico

La automatización de este sistema se lo ha realizado con componentes y materiales que son de fácil adquisición en el mercado regional.

Según los factores mencionados anteriormente se pueden seleccionar los controladores e interfaz adecuados que permitieron identificar todos los componentes electrónicos que los conforman, luego de esto se llegó a la conclusión de que es factible la elaboración de una placa electrónica, ya que los componentes existen en el mercado.

La construcción del horno eléctrico tipo mufla fue factible implementarlo, tomando en cuenta varios factores que ayudaron a profundizar sobre este tema.

Primeramente la determinación de su funcionamiento básico radica en la ubicación de electrodos de bajo hidrógeno que son considerados los de la serie E70XX, vinculando en el caso de la fábrica el E7018, que debe mantener un nivel de humedad máximo del 50 % que estipula la norma AWS 5.1-81 con relación a su peso.

### 6.5.2 Análisis de Costos

A continuación se presentan los costos de materiales que se utilizaron para la automatización del horno tipo mufla para conservar electrodos revestidos.

**Tabla 6.1.** Materiales empleados en la Estructura

ÍTEM	CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	COSTO
1	1	Plancha aluminio liso 1.5 mm	85
2	1	Plancha Acero Galvanizado 0.75	55
3	30	Tornillos triplepato 10 mm x 1"	4.5



4	30	Remaches pop 5/32"	3
5	¼ litro	Pintura, Washprimer, Diluyente	25
6	1 libra	Electrodos y brocas	27
7	1 rollo	Manta cerámica 1"	120
8	1	Sellante para altas temperaturas SIKASIL 3180	33
9	1	Vidrio templado y empaques	35
10	1	Ladrillo refractario U-33	18.5
<b>TOTAL</b>			413
<b>10% Imprevistos</b>			41.3
<b>COSTO TOTAL</b>			454.3

**Fuente:** Elaborado por el Autor

**Tabla 6.2.** Materiales Eléctricos y Electrónicos

<b>CONTROL AUTOMÁTICO</b>			
<b>ÍTEM</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>COSTO</b>
1	1	AD595	27
2	1	Baquelita	4
3	1	Batería Cr2032	2.5
4	4	Borneras	2.4
5	1	Caja plástica	9.5
6	5	Capacitor 100UF	1.75
7	1	Capacitor 2200UF	1.5
8	7	Capacitores 100NF	2.1
9	2	Capacitores 27PF	1.5
10	1	Cristal 12MHZ	2.5
11	1	Cristal 32,768KHZ	2.5
12	3	Diodo Led	1.5
13	1	Diodo Zener 5,1V	0.5
14	2	Diodos 1N4148	0.5
15	1	Hoja de transferencia	2.5
16	1	Integrado DS 1307	9.5

17	1	LCD 4X20	32
18	1	PIC 16f877	14
19	2	Potenciómetro	1
20	1	Puente de diodos 3A	2.5
21	1	Rectificador 3A	0.5
22	1	Regulador 7805	1.5
23	1	Regulador 7812	1.5
24	2	Relé liming	5
25	16	Resistencias	2.4
26	4	Tornillos con separador	2
27	1	Transformador	13
28	2	Transistores 2N2222	0.6
29	3	Zócalos	1.2
30	1	Contactador	27
<b>TOTAL</b>			175.95

**Fuente:** Elaborado por el Autor

**Tabla 6.3. Costo del sistema térmico**

<b>SISTEMA TÉRMICO PARA CONSERVAR ELECTRODOS REVESTIDOS</b>		
<b>ÍTEM</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>COSTO</b>
1	Materiales para Estructura	454.3
2	Materiales Eléctricos y Electrónicos	175.95
3	Mano de obra	500
<b>TOTAL</b>		1130.25

**Fuente:** Elaborado por el Autor

## **6.6 FUNDAMENTACIÓN**

La propuesta presentada se basa en información previamente recolectada y descrita en el Capítulo II del proyecto de investigación, que corresponde al marco

teórico, donde se presentan todos los factores y características básicas de todas las partes principales y selección que se incluyen en el presente proyecto.

Para poder demostrar la hipótesis planteada es necesario construir un equipo de secado de electrodos revestidos para poder llegar a obtener la humedad recomendada por la norma AWS A5.1-81. Los datos básicos que permitirán el funcionamiento adecuado del horno tipo mufla para conservar electrodos revestidos son los que se presentan a continuación:

El horno puede conservar únicamente electrodos de un solo tipo de revestimiento, puesto que los más propensos a absorber mayor nivel de humedad son los de bajo hidrógeno, en el caso específico que se utiliza en Carrocerías IMCE el E7018, algunas características del E7018 se citan en el *Anexo 8*.

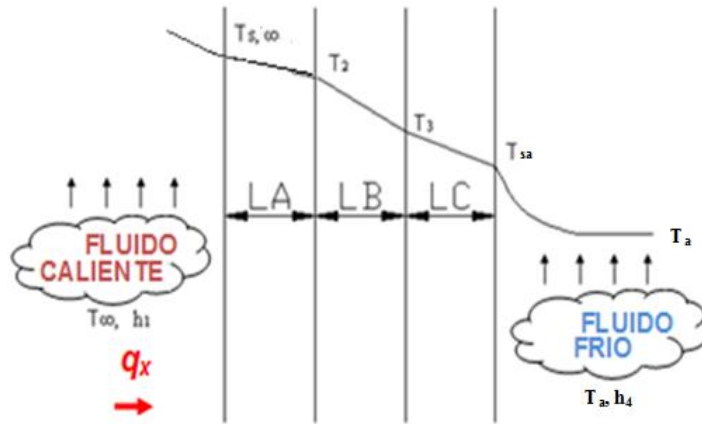
El horno va a ser instalado en bodega 1, (que tiene condiciones ambientales de 55% de humedad relativa y una temperatura promedio de 17 °C), y va a tener entre algunos de sus fines, reducir los defectos de soldadura, a la vez que es considerado como una mejora para que el cliente observe, que la materia prima con la que su producto se elabora se encuentra en óptimas condiciones y le brinden valor agregado de seguridad a su carrocería.

### **6.6.1 Análisis de transferencia de calor**

#### **Modelo Matemático**

Para el diseño del sistema se considera una serie de estructuras compuestas en las cuales el flujo de calor es unidimensional, aproximadamente. Para hacer que el tratamiento resulte aplicable a casos prácticos cuyas temperaturas de superficie por lo general se desconocen. Se incluirá en el tratamiento del flujo de calor a través de las resistencias térmicas. Se supondrá que el sistema está expuesto por un lado a un medio a alta temperatura constante y conocida y por el otro medio a baja temperatura constante y conocida.

La figura 6.1 representa una pared compuesta de tipo generalmente utilizado en un horno.



**Figura 6.1** Diagrama de paredes

**Fuente:** Elaborado por el Autor

Analizando el circuito térmico obtendremos la siguiente ecuación.

$$q_x = \frac{T_{\infty,1} - T_{\infty,4}}{\sum R_t} \quad (6.1)$$

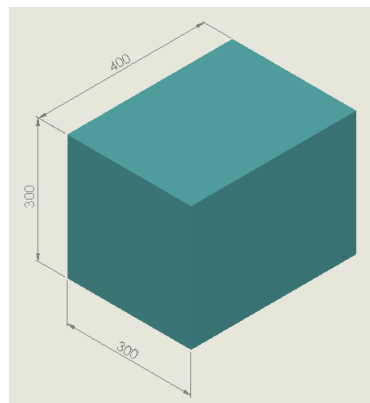
Donde:

$q_x$  = Pérdidas de calor; [J]

$T_{\infty, 1}$  = Temperatura del fluido caliente; [°K]

$T_{\infty, 4}$  = Temperatura del fluido frío; [°K]

$\sum R_t$  = Sumatoria de resistencias térmicas; [°K/W].



**Figura 6.2** Dimensiones de la cámara de secado

**Fuente:** Elaborado por el Autor

### 6.6.1.1 Cálculo de coeficientes de convección

#### *Cálculo del coeficiente de convección externo para la transferencia de calor por convección libre o natural*

Para poder determinar un coeficiente de convección para el equipo se debe tomar en cuenta las siguientes consideraciones:

- Condiciones de estado estable.
- Efectos de radiación despreciables.

#### **Datos:**

$$T_s = 40^\circ \text{ C}$$

$$T_\infty = 17^\circ \text{ C}$$

$$T_f = \frac{T_s + T_\infty}{2} \tag{6.2}$$

Donde:

$T_f$  = Temperatura de película ; [°K]

$T_s$  = Temperatura de la superficie; [°C]

$T_\infty$  = Temperatura del ambiente; [°C]

$$T_f = \frac{40 + 17}{2}$$

$$T_f = 28.5^\circ \text{ C} \Rightarrow 301.65^\circ \text{ K}$$

Para calcular el coeficiente de convección libre contamos con los siguientes datos obtenidos interpolando valores con ayuda del *Anexo 6*, para la temperatura de 301.65 °K.

#### **Datos:**

$$Pr = 0.706$$

$$\alpha = 22.74 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$$

$$\rho = 1.156 \text{ Kg/m}^3$$

$$C_p = 1.007 \text{ KJ/Kg }^\circ\text{K}$$

$$\mu = 185.38 \times 10^{-7} \text{ Ns/m}^2$$

$$\nu = 16.05 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$$

$$k = 26.42 \times 10^{-3} \text{ W/m }^\circ\text{K}$$

$$\beta = \frac{1}{T_f} = 3.316 \times 10^{-3} \text{ }^\circ\text{K}^{-1}$$

### Número de Grashof

$$\text{Gr} = \frac{g\beta(T_s - T_\infty)}{\nu^2} L^3 \quad (6.3)$$

Donde:

Gr = Número de Grashof; [adimensional]

g = aceleración de la gravedad; [m/s<sup>2</sup>]

β = Coeficiente de expansión térmica; [°K<sup>-1</sup>]

ν = viscosidad cinemática; [m<sup>2</sup>/s]

L = Longitud característica en superficie vertical ; [m]

$$\text{Gr} = \frac{\left(\frac{9.8\text{m}}{\text{s}^2}\right) (3.316 \times 10^{-3} \text{ }^\circ\text{K}^{-1})(40 - 17)}{(16.05 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s})^2} (0.3 \text{ m})^3$$

$$\text{Gr} = 7.833 \times 10^7$$

### Número de Rayleigh

$$\text{Ra}_L = \text{Gr} * \text{Pr} \quad (6.4)$$

Donde:

Ra<sub>L</sub> = Número de Rayleigh; [adimensional]

Pr = Número de Prandtl; [adimensional]

$$\text{Ra}_L = 7.833 \times 10^7 \times 0.706$$

$$\text{Ra}_L = 5.53 \times 10^7 \text{ Aplicando consideraciones de flujo laminar}$$

### Número de Nusselt

$$Nu_L = 0.68 + \frac{0.670 Ra_L^{1/4}}{\left[1 + \left(\frac{0.492}{Pr}\right)^{9/16}\right]^{4/9}} \quad (6.5)$$

$$Nu_L = 0.68 + \frac{0.670 (5.53 \times 10^7)^{1/4}}{\left[1 + \left(\frac{0.492}{0.706}\right)^{9/16}\right]^{4/9}}$$

$$Nu_L = 45$$

### Coefficiente de convección interna

$$\bar{h} = \frac{Nu_L \times k}{L} \quad (6.6)$$

Donde:

$\bar{h}$  = Coeficiente de convección externo; [W/ m<sup>2</sup> °K]

k = Coeficiente de conducción del aire; [W/ m °K]

$$\bar{h} = \frac{45 \times 26.42 \times 10^{-3} \text{ W/m}^{\circ}\text{K}}{0.3 \text{ m}}$$

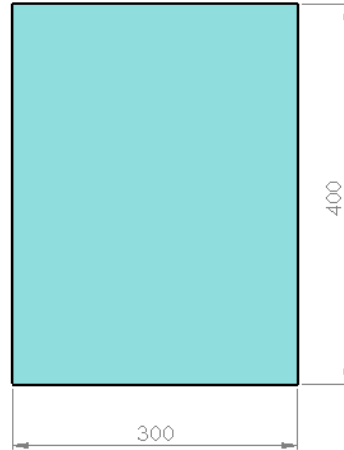
$$\bar{h} = h_4 = 3.96 \text{ W/ m}^2 \text{ °K}$$

### *Cálculo del coeficiente de convección interno*

Para el cálculo del coeficiente de convección interno, se estiman las temperaturas al inicio del proceso de calentamiento del horno, en la parte inferior.

Con lo que el proceso de convección al interior del horno se producirá desde el piso hacia las paredes laterales y el techo, en vista que en la parte inferior es donde irán colocadas las resistencias eléctricas. Considerando adicionalmente que la temperatura de secado de los electrodos 7018 es de 350 °C. Con estas consideraciones, se evaluará el coeficiente de convección de la placa considerando

al piso como una superficie superior de placa caliente o superficie inferior de placa fría. Para calcular el coeficiente de convección libre contamos con los siguientes datos:



**Figura 6.3** Dimensiones del piso

**Fuente:** Elaborado por el Autor

**Datos:**

Considerando que la temperatura en la parte superior del horno se estima igual a la ambiente al inicio del proceso de calentamiento del horno, se tiene las siguientes temperaturas.

$$T_s = 350 \text{ } ^\circ\text{C} = 623 \text{ } ^\circ\text{K}$$

$$T_\infty = 20 \text{ } ^\circ\text{C} = 293 \text{ } ^\circ\text{K}$$

Aplicando ecuación de longitud característica.

$$L = \frac{A_s}{P} \tag{6.7}$$

Donde:

L = Longitud característica; [m]

A<sub>s</sub> = Área transversal; [m<sup>2</sup>]

P = Perímetro; [m]



$$L = \frac{(0.3 \times 0.4)m^2}{(0.3 + 0.4 + 0.3 + 0.4)m}$$

$$L = 0.0857 \text{ m}$$

Ahora aplicando la *ecuación (6.2)*, se obtiene:

$$T_f = \frac{T_s + T_\infty}{2}$$

$$T_f = \frac{350 + 20}{2}$$

$$T_f = 185 \text{ }^\circ\text{C} \Rightarrow 458 \text{ }^\circ\text{K}$$

Para calcular el coeficiente de convección libre contamos con los siguientes datos obtenidos interpolando valores con ayuda del *Anexo 6*:

**DATOS:**

$$Pr = 0.685$$

$$\alpha = 48.72 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$$

$$\rho = 0.761 \text{ Kg/m}^3$$

$$C_p = 1.022 \text{ KJ/Kg }^\circ\text{K}$$

$$\mu = 253.804 \times 10^{-7} \text{ Ns/m}^2$$

$$v = 33.41 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$$

$$k = 37.84 \times 10^{-3} \text{ W/m }^\circ\text{K}$$

$$\beta = \frac{1}{T_f} = 2.183 \times 10^{-3} \text{ }^\circ\text{K}^{-1}$$

### ***Número de Grashof***

$$Gr = \frac{g\beta(T_s - T_\infty)L^3}{\nu^2} \quad \text{Aplicando (Ecuación 6.3)}$$

$$Gr = \frac{\left(\frac{9.8m}{s^2}\right) (2.183 \times 10^{-3} \text{ } ^\circ K^{-1})(350 - 20)}{(33.41 \times 10^{-6} \text{ m}^2/s)^2} (0.0857 \text{ m})^3$$

$$Gr = 3.98 \times 10^6$$

### ***Número de Rayleigh***

$$Ra_L = Gr * Pr \quad \text{Aplicando (Ecuación 6.4)}$$

$$Ra_L = 3.98 \times 10^6 \times 0.685$$

$$Ra_L = 2.727 \times 10^6$$

Considerando  $\rightarrow (10^4 \lesssim Ra_L \lesssim 10^7)$ , se trabaja con la siguiente ecuación:

$$\bar{N}_{uL} = 0.54 Ra_L^{1/4}$$

$$\bar{N}_{uL} = 0.54 (2.272 \times 10^6)^{1/4}$$

$$\bar{N}_{uL} = 20.96$$

### **Coeficiente de convección externo**

$$\bar{h} = \frac{\bar{N}_{uL} \times k}{L} \quad \text{Aplicando (Ecuación 6.6)}$$

$$\bar{h} = \frac{20.96 \times 37.84 \times 10^{-3} \text{ W/m } ^\circ K}{0.0857 \text{ m}}$$

$$\bar{h} = h_1 = 9.25 \text{ W/m}^2 \text{ } ^\circ K$$

### ***Coeficiente de Radiación***

Para este cálculo se consideran los mismos parámetros de diseño utilizados para el coeficiente de convección interno, debido a que la radiación se producirá desde el piso hacia las paredes laterales y el techo del horno.

A su vez, hay que considerar que las resistencias se encuentran al descubierto sobre el piso ladrillo refractario, se estima que la emisividad es igual a 0.9, aunque para el diseño se usará una emisividad de 0.8.

**Datos:**

$$T_s = 350 \text{ }^\circ\text{C} = 623 \text{ }^\circ\text{K}$$

$$T_{alr} = 20 \text{ }^\circ\text{C} = 293 \text{ }^\circ\text{K}$$

$$\varepsilon = 0.8$$

$$\sigma = 5.67 \times 10^{-8} \frac{W}{m^2 K^4}$$

$$h_r = \varepsilon \sigma (T_s - T_{alr}) (T_s^2 + T_{alr}^2) \quad (6.8)$$

Donde:

$h_r$  = Coeficiente de radiación; [ $W/m^2 K$ ]

$\varepsilon$  = Emisividad; [adimensional]

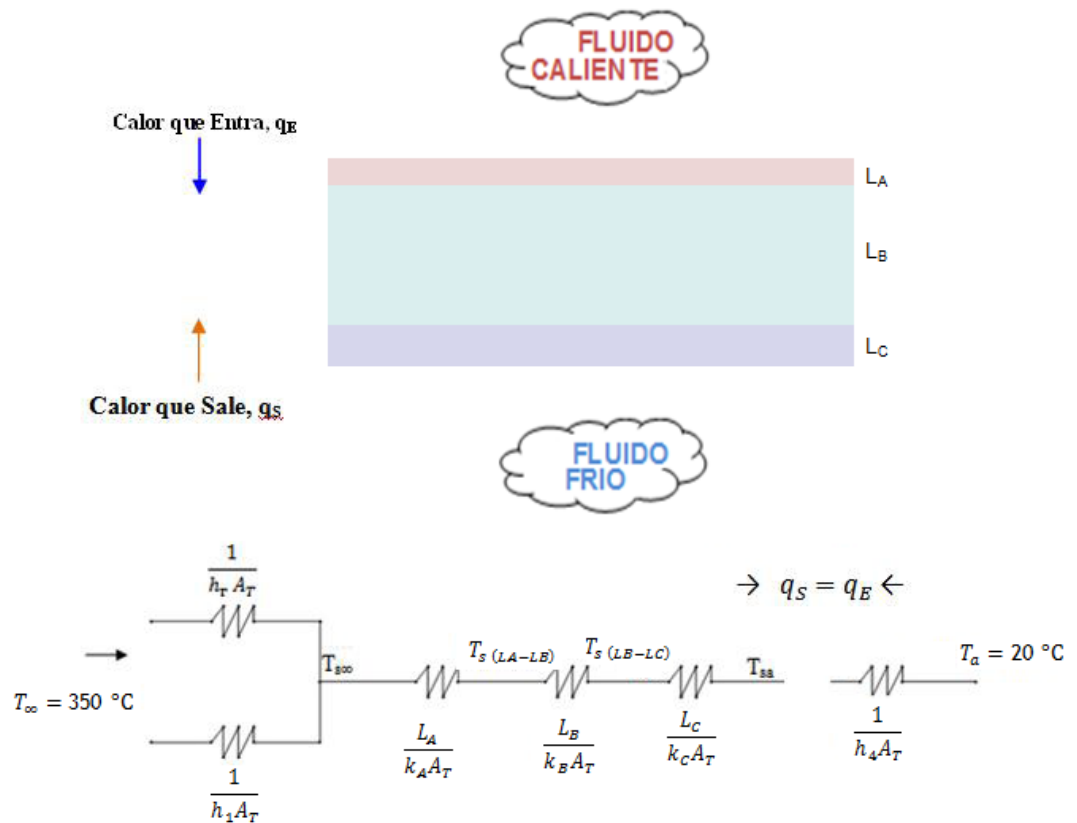
$\sigma$  = Constante de Stefan-Boltzmann; [ $5.67 \times 10^{-8} W/m^2 K^4$ ]

$T_s$  = Temperatura de la superficie; [ $^\circ\text{C}$ ]

$T_{alr}$  = Temperatura de alrededores o del ambiente; [ $^\circ\text{K}$ ]

$$h_r = (0.8) \left( 5.67 \times 10^{-8} \frac{W}{m^2 K^4} \right) (623 \text{ }^\circ\text{K} - 293 \text{ }^\circ\text{K}) (623 \text{ }^\circ\text{K}^2 + 293 \text{ }^\circ\text{K}^2)$$

$$h_r = 5.8 \frac{W}{m^2 K}$$



**Figura 6.4** Circuito de Resistencias Térmicas para evaluar la Temperatura Superficial

**Fuente:** Elaborado por el Autor

$$\dot{E}_E = \dot{E}_S \quad \text{ó} \quad q_E = q_S \quad (6.9)$$

Donde:

$\dot{E}_E$  = Energía que entra; [W]

$\dot{E}_S$  = Energía que sale; [W]

$q_E$  = Calor que entra; [W]

$q_S$  = Calor que sale; [W]

$$q_E = \frac{T_{sa} - T_a}{\frac{1}{h_1 A_T}} \quad (6.10)$$

Donde:

$T_{sa}$  = Temperatura entre la superficie y el ambiente

$T_a$  = Temperatura ambiente del fluido frío; [°K]

$h_1$  = Coeficiente de convección interno; [W/ m<sup>2</sup> °K]

$A_T$  = Area; [m<sup>2</sup>]

$$q_S = \frac{T_\infty - T_{sa}}{\left( \frac{1}{h_4 A_T} + \frac{1}{h_r A_T} \right)^{-1} + \frac{L_A}{k_A A_T} + \frac{L_B}{k_B A_T} + \frac{L_C}{k_C A_T}} \quad (6.11)$$

Donde:

$h_4$  = Coeficiente de convección interno; [W/ m<sup>2</sup> °K]

$k_A$  = Coeficiente de conducción térmica del acero galvanizado, ; [W/ m °K]

$k_B$  = Coeficiente de conducción térmica de la manta cerámica, ; [W/ m °K]

$k_C$  = Coeficiente de conducción térmica del aluminio. ; [W/ m °K]

$L_A$  = Espesor del acero galvanizado; [m]

$L_B$  = Espesor de la manta cerámica; [m]

$L_C$  = Espesor del aluminio; [m]

*Igualando las ecuaciones 6.10 y 6.11*

$$\frac{T_{sa} - T_a}{\frac{1}{h_1 A_T}} = \frac{T_\infty - T_{sa}}{\left( \frac{1}{h_4 A_T} + \frac{1}{h_r A_T} \right)^{-1} + \frac{L_A}{k_A A_T} + \frac{L_B}{k_B A_T} + \frac{L_C}{k_C A_T}}$$

$$\frac{T_{sa} - 293}{\frac{1}{(3.96)(0.12)}} = \frac{623 - T_{sa}}{\left( \frac{1}{(9.25)(0.12)} + \frac{1}{(5.8)(0.12)} \right)^{-1} + \frac{1 \times 10^{-3}}{(231)(0.12)} + \frac{0.0508}{(0.068)(0.12)} + \frac{1.5 \times 10^{-3}}{(46.98)(0.12)}}$$

$T_{sa} = 312.59 \text{ °K} = 39.59 \text{ °C} \rightarrow$  Valor que se aproxima al asumido de 40 °C

#### 4.1.1.2 Cálculo del calor requerido para calentar la carga $Q_{carga}$

En el sistema de calentamiento que se presenta, la cantidad de calor que es necesaria para calentar la carga se puede determinar de la manera siguiente, considerando el calor del electrodo, el calor para calentamiento de las bandejas que contienen los electrodos, la cantidad de calor necesaria para que el aire

circundante se caliente para el ensayo y calor de evaporación del agua al considerar en el ensayo que los electrodos se encuentran húmedos.

$$Q_{carga} = Q_{elec} + Q_{ba} + Q_{aire} + Q_{ev} \quad (6.12)$$

Donde:

$Q_{carga}$  = Calor requerido para calentar la carga; [J]

$Q_{elec}$  = Calor que absorbe el electrodo; [J]

$Q_{ba}$  = Calor que absorben las bandejas; [J]

$Q_{aire}$  = Calor que se necesita para calentar el aire circundante; [J]

$Q_{ev}$  = Calor de evaporación; [J]

#### ***Calor que absorbe el electrodo $Q_{elec}$***

Se considera que el equipo va a tener una carga de 10 Kilogramos de electrodos, adicionalmente según el *Anexo 8*, donde tenemos que según ficha técnica de metal depositado el electrodo 7018, que tiene valores de carbono bastante bajo, por lo que interpolando valores del *Anexo 4*, obtenemos los siguientes datos:

$$C_{p\ elec} = 0.465 \text{ KJ/Kg}^\circ\text{C}$$

$$Q_{elec} = m_{elec} \times C_{p\ elec} \times \Delta T \quad (6.13)$$

Donde:

$m_{elec}$  = masa del electrodo; [Kg]

$C_{p\ elec}$  = Calor específico del electrodo; [J/Kg°C]

$\Delta T$  = Diferencia de temperaturas; [°C]

$$Q_{elec} = (10 \text{ Kg}) \times (0.465 \text{ J/Kg}^\circ\text{C}) \times (350^\circ\text{C} - 17^\circ\text{C})$$

$$Q_{elec} = 1548.45 \text{ KJ}$$

**Calor que absorben las bandejas  $Q_{ba}$**

$$Q_{ba} = m_{ba} \times C_{pba} \times \Delta T \quad (6.14)$$

Donde:

$m_{ba}$  = masa de la bandeja;

$C_{pba}$  = Calor específico de la bandeja; [ J/Kg°C ]

$\Delta T$  = Diferencia de temperaturas

$$Q_{ba} = 2 (1.3 \text{ Kg}) \times \left( \frac{1045.96 \text{ J}}{\text{Kg}} \text{ } ^\circ\text{K} \right) \times (350 - 17^\circ\text{C})$$

$$Q_{ba} = 905.59 \text{ KJ}$$

**Calor que se necesita para calentar el aire circundante  $Q_{aire}$**

Según tabla Propiedades Termofísicas de Gases a Presión Atmosférica **ANEXO 6**

Tomando datos del Aire a 350 °C → 623 °K

$$\rho = 0.559 \text{ Kg} / \text{m}^3$$

$$C_{p\text{aire}} = 1.045 \text{ KJ} / \text{Kg } ^\circ\text{K}$$

$$V_{\text{aire}} = (0.3 \text{ m}) \times (0.3 \text{ m}) \times (0.4 \text{ m}) = 0.036 \text{ m}^3$$

$$Q_{\text{aire}} = \rho_{\text{aire}} \times V_{\text{aire}} \times C_{p\text{aire}} \times \Delta T \quad (6.15)$$

Donde:

$\rho_{\text{aire}}$  = Densidad del aire; [Kg / m<sup>3</sup>]

$V_{\text{aire}}$  = Volumen de aire contenido en la cámara de calentamiento; [m<sup>3</sup>]

$C_{p\text{aire}}$  = Calor específico del aire; [KJ / Kg °K]

$$Q_{\text{aire}} = (0.559 \text{ Kg} / \text{m}^3) \times (0.036 \text{ m}^3) \left( \frac{1.056 \text{ KJ}}{\text{Kg}^\circ\text{K}} \right) \times (350 - 17^\circ\text{C})$$

$$Q_{\text{aire}} = 7.076 \text{ KJ}$$

### **Calor de evaporación $Q_{ev}$**

Considerando que los electrodos se encuentran húmedos, se ubica el caso extremo en el que se tiene que eliminar el exceso de humedad retenido en el interior del revestimiento del mismo, con lo que basándonos en los pesajes por Kilogramo de electrodos dados en el Capítulo IV y al compararlos con el Anexo 7, en el caso de E7018, se determina un exceso de 95.4 gramos, considerando que tenemos 10 kilogramos de carga, este valor se ve reflejado en 0.954 Kg de humedad a extraer de los mismos.

$$m_{ev} = 0.954 \text{ Kg}$$

$$Q_{ev} = q_{sen} + q_{lat} \quad (6.16)$$

Donde:

$$q_{sen} = \text{Calor sensible; [KJ]}$$

$$q_{lat} = \text{Calor latente; [KJ]}$$

### **Cálculo de calor sensible $q_{sen}$**

Considerando que la presión atmosférica en la ciudad de Ambato es de 742 hPa, según fuente del INHAMI en el Anexo 13, tenemos la siguiente deducción, para calcular la temperatura real a la que el agua en la ciudad de Ambato llega a su punto de ebullición.

$$P_{at} = 74.2 \text{ KPa} \frac{760 \text{ mmHg}}{101.325 \text{ KPa}} = 556.55 \text{ mmHg.}$$

$$\Delta P = 760 - 556.55 = 203.45 \text{ mmHg}$$

$$Fc = 203.45 \times 0.37 \text{ }^\circ\text{C}/10 \text{ mmHg} = 7.52 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$Te = 100 \text{ }^\circ\text{C} - 7.52 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$Te = 92.47 \text{ }^\circ\text{C} \text{ Temperatura de ebullición del agua en la ciudad de Ambato.}$$



Evaluando datos en *Anexo 9*, tenemos:

$$q_{sen} = m_{ev} C_{p_{sen}} \Delta T \quad (6.17)$$

Donde:

$m_{ev}$  = Masa de evaporación; [Kg]

$C_{p_{sen}}$  = Calor específico sensible; [KJ/Kg°C]

$$q_{sen} = (0.954 \text{Kg}) \left( \frac{4209 \text{J}}{\text{Kg}^\circ\text{C}} \right) (92.47 - 17)^\circ\text{C}$$

$$q_{sen} = 303.04 \text{KJ}$$

**Cálculo de calor latente**  $q_{lat}$

Adicionalmente se considera que el agua tiene un comportamiento a la temperatura superior a los 100 °C que se lo llama como calor latente, al que se lo considera como  $h_{fg}$ , en el *Anexo 9*:

$$q_{lat} = m_{ev} h_{fg} \quad (6.18)$$

Donde:

$q_{lat}$  = Calor latente; [KJ]

$m_{ev}$  = Masa de evaporación; [Kg]

$h_{fg}$  = Entalpía; [KJ/Kg°C]

$$q_{lat} = (0.954 \text{Kg}) \left( 2257 \frac{\text{KJ}}{\text{Kg}} \right)$$

$$q_{lat} = 2153,18 \text{KJ}$$

$$Q_{ev} = q_{sen} + q_{lat}$$

$$Q_{ev} = 2456.22 \text{KJ}$$

Reemplazando en ecuación (6.16)

### *Cálculo de calor que requiere la carga para calentarse*

$$Q_{carga} = Q_{elec} + Q_{ba} + Q_{aire} + Q_{ev} \quad \text{Reemplazando en ecuación (6.12)}$$

$$Q_{carga} = 1548.45 + 905.59 + 7.076 + 2456.22$$

$$Q_{carga} = 4917.336 \text{ KJ}$$

$$Q_{carga} = 1365 \text{ Watts}$$

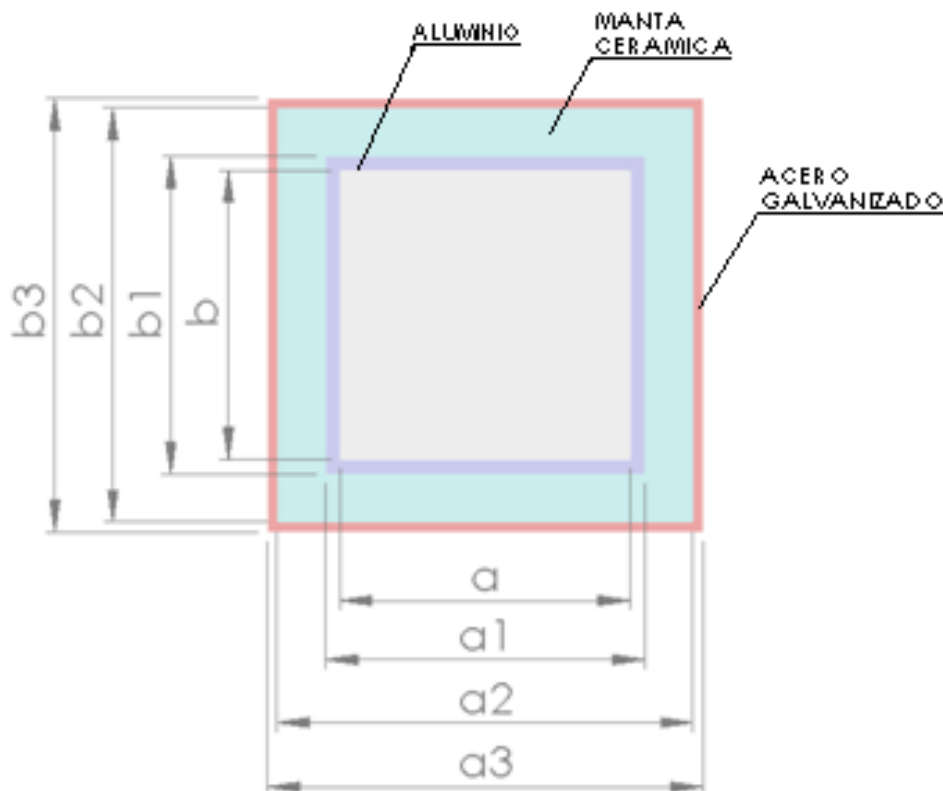
### 6.6.1.3 Cálculo de pérdidas de transferencia de calor a través de paredes

#### Calculo de áreas de transferencia de calor

$$L_A = \text{espesor aluminio} = 0.0015 \text{ m}$$

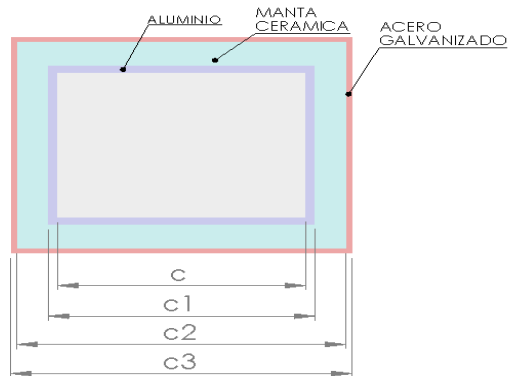
$$L_B = \text{espesor manta cerámica} = 0.0508 \text{ m}$$

$$L_C = \text{espesor acero galvanizado} = 0.001 \text{ m}$$



**Figura 6.5** Vista frontal Cámara de calentamiento

**Fuente:** Elaborado por el Autor



**Figura 6.6** Vista Lateral Cámara de Calentamiento

**Fuente:** Elaborado por el Autor

$$A_0 = 2 ((a*c) + (b*c) + (a*b)) \quad (6.19)$$

Donde:

$A_0$  = Área inicial de la cámara; [m<sup>2</sup>]

$A_1$  = Área considerando espesor del aluminio; [m<sup>2</sup>]

$A_2$  = Área considerando espesor de la manta cerámica; [m<sup>2</sup>]

$A_3$  = Área considerando el espesor del acero galvanizado; [m<sup>2</sup>]

a = Ancho de la cámara = 0.3 m.

b = Alto de la cámara = 0.3 m.

c = Profundidad de la cámara = 0.4 m.

$$A_0 = 2 ((0.3 \text{ m} * 0.4 \text{ m}) + (0.3 \text{ m} * 0.4 \text{ m}) + (0.3 \text{ m} * 0.3 \text{ m}))$$

$$A_0 = 0.66 \text{ m}^2$$

A continuación para el cálculo de las siguientes áreas se suma los espesores de los materiales, según se muestra en las *Figuras 6.5* y *6.6*.

$$A_1 = 2 ((a_1*c_1) + (b_1*c_1) + (a_1*b_1))$$

$$A_1 = 2 ((0.303 \text{ m} * 0.403 \text{ m}) + (0.303 \text{ m} * 0.403 \text{ m}) + (0.303 \text{ m} * 0.303 \text{ m}))$$

$$A_1 = 0.672 \text{ m}^2$$

$$A_2 = 2 ((a_2 * c_2) + (b_2 * c_2) + (a_2 * b_2))$$

$$A_2 = 2 ((0.4046 \text{ m} * 0.5046 \text{ m}) + (0.4046 \text{ m} * 0.5046 \text{ m}) + (0.4046 \text{ m} * 0.4046 \text{ m}))$$

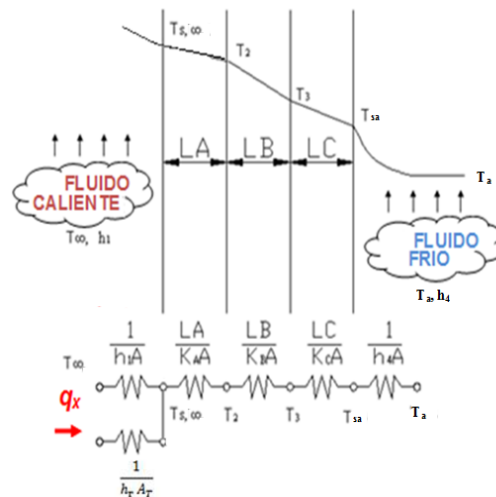
$$A_2 = 1.144 \text{ m}^2$$

$$A_3 = 2 ((a_3 * c_3) + (b_3 * c_3) + (a_3 * b_3))$$

$$A_3 = 2 ((0.4066 \text{ m} * 0.5066 \text{ m}) + (0.4066 \text{ m} * 0.5066 \text{ m}) + (0.4066 \text{ m} * 0.4066 \text{ m}))$$

$$A_3 = 1.154 \text{ m}^2$$

Considerando a partir de la *ecuación 6.1* y adicionalmente de la *Figura 6.1* tenemos los siguientes datos:



**Figura 6.7** Circuito térmico equivalente para una pared compuesta en serie

**Fuente:** Realizado por el autor

$$q_x = \frac{T_{\infty} - T_a}{\sum R_t}$$

Aplicando ecuación (6.1)

$$q_x = \frac{T_{\infty} - T_a}{R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + R_5}$$

Donde:

R1 = Resistencia térmica entre el fluido caliente y la superficie cercana al fluido caliente; [°K/m]

R2 = Resistencia térmica del aluminio; [°K/m]

R3 = Resistencia térmica de la manta cerámica; [°K/m]

R3 = Resistencia térmica del acero galvanizado; [°K/m]

$$R_1 = \left( \frac{1}{\frac{1}{h_4 A_0}} + \frac{1}{\frac{1}{h_r A_0}} \right)$$

$$R_1 = \left( \frac{1}{\frac{1}{(9.25)(0.66)}} + \frac{1}{\frac{1}{(5.8)(0.66)}} \right)^{-1}$$

$$R_1 = 0.1 \frac{^{\circ}K}{W}$$

$$R_2 = \frac{L_A}{k_A A_1}$$

$$R_2 = \frac{0.0015}{46.98 \times 0.672} = 4.751 \times 10^{-5} \frac{^{\circ}K}{W}$$

$$R_3 = \frac{L_B}{k_B A_2}$$

$$R_3 = \frac{0.0015}{46.98 \times 0.672} = 0.653 \frac{^{\circ}K}{W}$$

$$R_4 = \frac{L_C}{k_C A_3}$$

$$R_4 = \frac{0.001}{231 \times 1.154} = 3.751 \times 10^{-6} \frac{^{\circ}K}{W}$$

$$R_5 = \frac{1}{h_1 A_3}$$

$$R_5 = \frac{1}{(3.96)(1.154)} = 0.21 \frac{^{\circ}K}{W}$$

Reemplazando valores en ecuación 6.1

$$qx = \frac{350 - 17}{0.1 + 4.751 \times 10^{-5} + 0.653 + 3.751 \times 10^{-6} + 0.21}$$

$$qx = 509.89 \text{ Watts}$$

#### 6.6.1.4 Rendimiento del Horno

Para calcular el rendimiento del horno, se evalúa de la siguiente manera.

$$\eta = \frac{Q_{carga}}{Q_{carga} + q_x} \times 100 \quad (6.20)$$

Donde:

$Q_{carga}$  = Calor que requiere la carga para calentarse.

$q_x$  = Pérdidas de calor; [W]

$\eta$  = Rendimiento del horno; [adimensional]

$$\eta = \frac{1365}{509.89 + 1365} \times 100$$

$$\eta = 82 \%$$

#### 6.6.1.5 Potencia del Horno

La potencia que requiere el Horno, es una función de la eficiencia del consumo calorífico y del tiempo. Estas variables se combinan en la siguiente ecuación:

$$P = \frac{Q_{carga}}{n \cdot t} \quad (6.21)$$

Donde:

P = Potencia del horno; [W]

t = Tiempo de calentamiento; [h]

$$P = \frac{1365}{(0.82) \cdot 2}$$

$$P = 1895.83 \text{ Watts}$$

## 6.6.2 Análisis de la Estructura

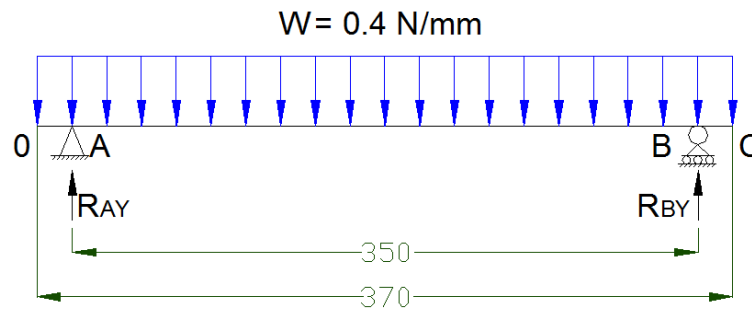
### Diseño del ángulo que va a soportar la carga de la bandeja

Considerando que tenemos un peso de 15 Kg, ubicando el peso de los electrodos y de la bandeja, por lo que se supone que el sistema queda propuesto de la siguiente manera:

#### Datos:

$L = 0.37 \text{ m} \Rightarrow$  Longitud del ángulo.

$W = 0.4 \text{ N/mm} \Rightarrow$  Carga distribuida aplicada.



**Figura 6.8** Viga a diseñar

**Fuente:** Realizado por el autor

$$\sum M_A = 0$$

$$R_{BY} (0.35 \text{ m}) - 148 \text{ N} (0.175 \text{ m}) = 0$$

$$R_{BY} = 74 \text{ N}$$

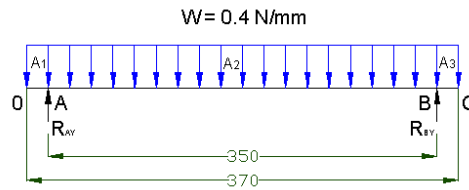
$$\sum F_Y = 0 \uparrow +$$

$$R_{AY} + R_{BY} - 148 = 0$$

$$R_{AY} + 74 \text{ N} - 148 \text{ N} = 0$$

$$R_{AY} = 74 \text{ N}$$

## Aplicando método esfuerzo cortante y momento flexionante



**Figura 6.9** Fuerzas que actúan sobre la viga

**Fuente:** Realizado por el autor

$$A_1 = (-0.4 \text{ N/mm}) (10 \text{ mm})$$

$$A_1 = -4 \text{ N}$$

$$A_2 = (-0.4 \text{ N/mm}) (350 \text{ mm})$$

$$A_2 = -140 \text{ N}$$

$$A_3 = (-0.4 \text{ N/mm}) (10 \text{ mm})$$

$$A_3 = -4 \text{ N}$$

### Cálculo de esfuerzos cortantes

$V_{0-0}$  = Esfuerzo cortante en el inicio de la viga.

$V_{0-A}$  = Esfuerzo cortante en el tramo 0-A.

$V_{A-A}$  = Esfuerzo cortante en el punto A.

$V_{A-B}$  = Esfuerzo cortante en el tramo A-B.

$V_{B-B}$  = Esfuerzo cortante en el punto B.

$V_{B-C}$  = Esfuerzo cortante en el tramo B-C.

$$V_{0-0} = 0$$

$$V_{0-A} = 0 - 4$$

$$V_{0-A} = -4 \text{ N}$$

$$V_{A-A} = -4 + 74$$

$$V_{A-A} = 70 \text{ N}$$



$$V_{A-B} = 70 - 140$$

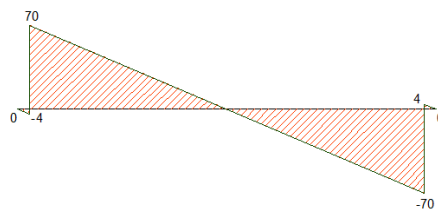
$$V_{A-B} = -70 \text{ N}$$

$$V_{B-B} = -70 + 74$$

$$V_{B-B} = 4 \text{ N}$$

$$V_{B-C} = 4 - 4$$

$$V_{B-C} = 0$$



**Figura 6.10** Diagrama de fuerzas cortantes

**Fuente:** Realizado por el autor

### **Cálculo del momento flector**

$$M_0 = 0$$

$$M_A = (-4\text{N})(10\text{mm}/2)$$

$$M_A = -20 \text{ Nmm} = -0.02 \text{ Nm}$$

$$M_{M\acute{a}x} = (-20\text{N}) + (70\text{N})(175\text{mm})/2$$

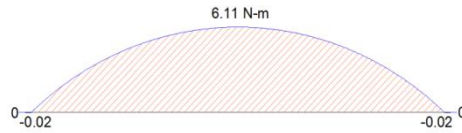
$$M_{M\acute{a}x} = 6105 \text{ Nmm} = 6.11 \text{ Nm}$$

$$M_B = 6105 \text{ Nmm} - (70\text{N})(175\text{mm})/2$$

$$M_B = -20 \text{ Nmm} = -0.02 \text{ Nm}$$

$$M_C = -20 \text{ Nmm} - (4\text{N/mm})(10\text{mm})/2$$

$$M_C = 0$$

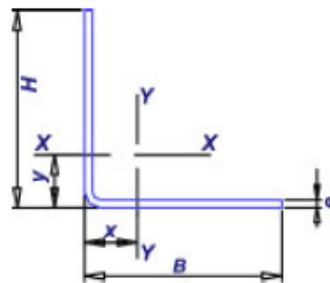


**Figura 6.11** Diagrama de momento flector

**Fuente:** Realizado por el autor

### Cálculo de factor de seguridad

Para este caso se ha considerado utilizar el perfil mostrado a continuación que interviene en los cálculos realizados para el soporte de la bandeja.



**Figura 6.12** Sección transversal del perfil

**Fuente:** Realizado por el autor

Donde:

H = Altura del perfil = 25 mm.

B = Base del perfil = 25 mm.

e = Espesor del perfil = 2 mm.

$$\sigma = \frac{M c}{I} \tag{6.22}$$

Donde:

$\sigma$  = Esfuerzo máximo; [MPa]

M = Momento máximo; [Nm]

I = Inercia; [m<sup>4</sup>]

c = Distancia al punto más crítico en la sección; [m]

Basándonos en el Catálogo de Ipac para perfiles estructurales en el *Anexo 10*, encontramos el valor de la inercia y el valor de la distancia al punto más crítico en la sección

$$\sigma = \frac{(6.11 \text{ N m})(0.0761 \text{ m})}{5.7 \times 10^{-9} \text{ m}^4}$$

$$\sigma = 76.75 \text{ MPa}$$

Dentro de diseño se puede determinar el factor de seguridad basándose en la resistencia a la fluencia del material de la siguiente manera:

$$n = \frac{S_y}{\sigma} \tag{6.23}$$

Donde:

$n$  = Factor de seguridad; [adimensional]

$S_y$  = Resistencia a la fluencia; [MPa] *Anexo 11*.

$$n = \frac{276 \text{ MPa}}{76.75 \text{ MPa}}$$

$$n = 3.59$$

**Tabla 6.4** Factores de seguridad y circunstancias en las cuales se usan

Conocimiento de las cargas	Conocimiento del esfuerzo	Conocimiento del entorno	Conocimiento del material	Factor de seguridad
1 Determinación precisa	Determinación precisa	Condiciones controlables	Muy conocido	1.25-1.5
2 Determinado fácilmente	Determinado fácilmente	Razonablemente constante	Muy conocido	1.5-2.0
3 Determinable	Determinable	Ordinario	Promedio	2.0-2.5
4 Promedio	Promedio	Promedio	Menos probado o frágil	2.5-3.0
5 Promedio	Promedio	Promedio	No probado	3.0-4.0
6 Incierto	Incierto	Incierto	Mejor conocido	3.0-4.0

Notas: Para cargas repetidas, el factor de seguridad se aplica a la resistencia a la fatiga. Para cargas de impacto, utilice los puntos del 3 al 6, pero incluya un factor de impacto. En materiales frágiles, cuando se emplee la resistencia última, use el doble los puntos del 1 al 6. Si se requieren factores mayores, refina sus análisis y ensayos.

**Fuente:** SHIGLEY J., MISCHKE Ch. Diseño en Ingeniería Mecánica. Sexta Edición. MCGRAW HILL INTERAMERICANA Editores S.A. de C.V México

Al considerar los valores máximos de la *Tabla 6.4*, se concluye que el material seleccionado si soporta la carga.

### **6.6.3 Selección de Materiales**

Luego de la presente evaluación, del equipo se ha procedido a realizar la selección de materiales para puesta en operación del mismo, adicionalmente y basado en la información recabada y presentada en el CAPÍTULO II que corresponde al marco teórico, se presentan todos los factores y características básicas a seleccionar de todas las partes principales que incluyen en el proyecto.

#### **Selección del Tipo de Horno**

El horno seleccionado es un horno eléctrico tipo mufla debido a las ventajas que ofrecen y que fueron previamente nombradas en el CAPÍTULO II.

#### **Selección de Materiales para la cámara de calentamiento**

El horno en su cámara de calentamiento puede emplear materiales tales como: acero inoxidable, tol negro, tol galvanizado, aluminio, entre otros materiales que no sufren variaciones máximas con la temperatura.

En este caso se utilizó aluminio debido a que el mismo es un excelente conductor térmico, adicionalmente es resistente, fácil de trabajar y maleable y sobre todo con la temperatura de 350 °C no sobrepasa el punto de fusión del material, así como también por la razón que se tiene un amplio stock de dicho material en la empresa.

#### **Selección de los electrodos a ser sometidos a ensayos**

Los electrodos revestidos que van a ser sometidos a los ensayos de verificación del nivel de humedad permisible para soldeo según la norma van a ser electrodos de bajo hidrógeno como E7018, otro tipo de electrodo es el celulósico E6011 y el

rutílico E6013, obviamente al momento de realizar los ensayos se deben considerar las temperaturas de secado para cada uno de los revestimientos. *Anexo 17*.

### **Selección del tipo de aislante**

El aislante utilizado en este caso es la manta cerámica ya que tiene la capacidad de soportar altas temperaturas de hasta 1260 °C, adicionalmente debido a sus propiedades es muy utilizada en hornos industriales por lo que es un excelente aislante, se la seleccionó en un espesor de 1 pulgada debido a que se puede conseguir en bultos de 60 cm de ancho en el mercado regional.

### **Selección del sellante para evitar fugas de calor**

El sellante que se utilizó para evitar fugas de calor es el Sikasil 3180, que básicamente es un sellante utilizado para aplicaciones térmicas tales como en hornos y chimeneas. Tiene la capacidad de soportar temperaturas superiores a los 450 °C (*Anexo 15*).

### **6.6.4 Selección del Sistema de control**

Un sistema automático de control es un conjunto de componentes físicos conectados o relacionados entre sí, de manera que regulen o dirijan su actuación por sí mismos, es decir sin intervención de factor humano, corrigiendo además los posibles errores que se presenten en su funcionamiento.

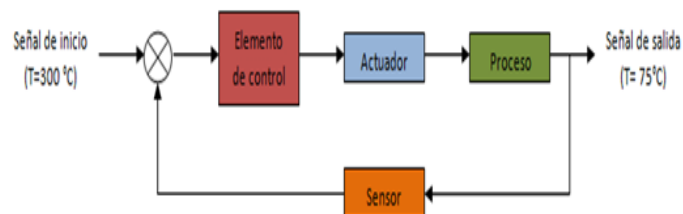
Entre los sistemas de control tenemos los de lazo abierto y lazo cerrado en el caso del presente proyecto se enfoca el de lazo cerrado.

El sistema de control que se emplea en un horno es un sistema de control de lazo cerrado, ya que en él las señales de salida y de entrada están relacionadas mediante un **bucle de realimentación**, a través del cual la señal de salida influye

sobre la de entrada. De esta forma, la señal de salida tiene efecto sobre la acción de control.

Por tanto, los sistemas de control en lazo cerrado son capaces de controlar en cada momento lo que ocurre a la salida del sistema, y modificarlo si es necesario. De esta manera, el sistema es capaz de funcionar por sí solo de forma automática y cíclica, sin necesidad de intervención humana.

El esquema que se maneja con el sistema térmico para tratar electrodos se puede representar mediante el siguiente esquema:



**Figura 6.13** Sistema de control utilizado en el equipo

**Fuente:** Elaborado por el Autor

Adicionalmente se seleccionó el sistema de control ON-OFF es la forma más simple de control por realimentación de dos posiciones, en el que el elemento final de control sólo ocupa una de las dos posibles posiciones, en el cual la salida del controlador va de un extremo a otro cuando el valor de la variable controlada se desvía del valor deseado.

Además tiene un simple mecanismo de construcción, por eso este tipo de controladores es de amplio uso, y mayormente son utilizados en sistemas de regulación de temperatura, debido a su bajo precio de instalación y mantenimiento.

### **Selección del dispositivo de control**

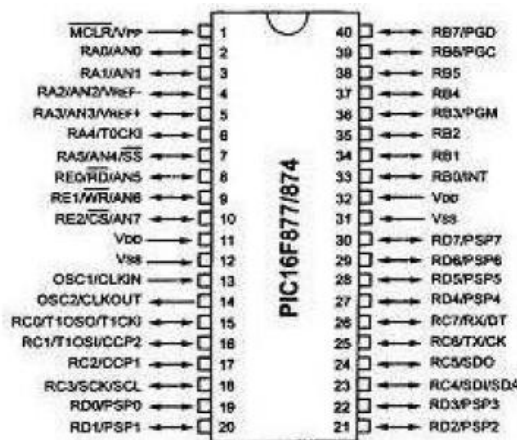
Básicamente como dispositivo de control se dispone de una gran gama tales como son los PLC, los microcontroladores, las PC industriales, los controladores de

temperatura, entre otros. Al considerar el tipo de aplicación que va a tener el equipo se ha visto necesario el utilizar un elemento de control que sea relativamente barato, fácil de encontrar en el mercado local y sobre todo que cumpla con los requerimientos del equipo.

De lo que se pudo determinar que el elemento de control idóneo es el microcontrolador PIC 16F877, que es el elemento encargado de mantener la temperatura dentro de los rangos considerados entre el secado (350 °C) y de conservación (75 °C) que va a mantener el horno durante su proceso de operación.

En este proyecto se podría haber utilizado los PIC 16F873, PIC16F874, PIC16F876 y el PIC16F877, el microcontrolador seleccionado es el PIC16F877, debido a que se encuentra dispuesto de 33 entradas-salidas, de acuerdo con la necesidad del proyecto se ha utilizado en este microcontrolador 17 pines, de los cuales están destinados, 6 entradas para los botones, 6 salidas para el LCD, 1 entrada analógica, esto para leer la termocupla, 2 para controlar los relés y 2 para la interfaz con el DS1307.

Adicionalmente este microcontrolador fue seleccionado por su disponibilidad en el mercado local y principalmente por la capacidad de memoria ya que en este proyecto se utiliza más de 3500 líneas de programa y generalmente otros como el 16f870 solo tienen capacidad para 2000.



**Figura 6.14** Esquema PIC16F877

**Fuente:** Microchip PIC16F87X Data Sheet

## **Selección del Sensor de medición de temperatura**

Es capaz de detectar los cambios que se producen en la salida y llevar esa información al dispositivo de control, que podrá actuar en consonancia con la información recibida para conseguir la señal de salida deseada, este elemento de calentamiento se encuentra dispuesto de una termocupla tipo K, que soporta temperaturas superiores a los 400 °C y a su vez que es compatible con el adaptador de termocuplas AD595, que fácilmente se puede conseguir en el mercado.

## **Elemento de calentamiento**

En el caso de la resistencia eléctrica debido a los cálculos realizados necesitamos una resistencia eléctrica que sea de gran rendimiento y tenga buena vida útil, así como también sea fácil de encontrar en el mercado local y satisfaga las condiciones de potencia requeridas, en este caso se encontraron un par de resistencias eléctricas de 1000 Watts cada una con lo que adaptándolas en forma paralela se obtuvo el valor calculado de 2000 Watts.

## **Selección de componentes adicionales**

La pantalla es una LCD de 20 caracteres y cuatro filas similar al lm044, se la escogió para poder presentar todos los datos requeridos, está conectado en una interfaz de 4 hilos, cuatro hilos para datos y dos para comandos. Otro componente es el reloj DS 1307, que básicamente es un reloj de tiempo real con la fecha, y básicamente funciona sin estar conectado a un suministro de energía, esto se da porque tiene una batería de respaldo, adicionalmente se tiene un convertidor para termocuplas, este se lo adaptó por la compatibilidad que tiene con el reloj y también por su disponibilidad en el mercado local.



### 6.6.5 Funcionamiento del Circuito

El circuito es alimentado por un transformador que reduce la tensión de 110 a 24 V, de los cuales 12 voltios son rectificadas por el puente de diodos y a su vez este voltaje es filtrado por el condensador de 2200uf y los condensadores asociados de 100nf, luego este voltaje es regulado por el LM7812, el mismo que se encarga de dar un voltaje regulado de 12V, a su vez el mismo es filtrado por el condensador de 470uf y los condensadores asociados de 100nf, este voltaje nos sirve para alimentar los integrados AD595 y el LM358.

Posteriormente los 12 voltios pasan por el regulador LM7805 que nos da a su salida un voltaje de 5v regulados, este voltaje a su vez es filtrado por el condensador de 100uf y los condensadores asociados de 100nf.

Hay que mencionar que la termocupla es conectada al adaptador de termocuplas AD595 en sus pines 1 y 14 este integrado nos da un voltaje de 10 mv. por grado centígrado. Adicionalmente, el AD595 tiene una protección de desconexión que está en el pin 12 que hace que nos da un aviso luminoso mediante el led rojo. A la salida de este integrado tenemos un divisor de voltaje por 10.

La salida del adaptador de termocuplas AD595 es dividida por diez a través de las resistencias R6 y R7, el resultado de esta división es enviado al Amplificador Operacional LM358, el que se encarga de amplificarla, a la salida de este Amplificador Operacional tenemos una resistencia limitadora y un zener de 5,1v que es para proteger el pin de un sobretensión, esto es si se supera los cinco voltios con que trabaje el micro controlador.

El voltaje obtenido a la salida del amplificador operacional es conectada al pin 2 del PIC 16f877 que es una de las entradas analógicas que posee el mismo.

En el puerto D está conectado una pantalla alfanumérica a través de una interfaz de 4 hilos los cuales son D.4, D.5, D.6, y D.7. El pin R/S de la pantalla está

conectado al puerto D.0 y el pin E está conectado al puerto D.1, además el puerto R/W está conectado a tierra. En el mismo puerto D tenemos conectados los dos relés que hemos utilizado en este proyecto. Los mismos que están conectados en el puerto D.2 y D.3. Los botones están conectados en el puerto B son en total 4 están conectados en los pines: B.1, B.2, B.3, y B.4.

El reloj de tiempo real consta del integrado DS1307 el cual tiene un cristal de cuarzo asociado de 32.768Khz y es el que nos da el tiempo y la fecha. Este además funciona mediante una interfaz I2C la cual es conectada con el PIC 16f877A a través de sus pines C.3 y C.4. Además nos da una onda cuadrada de 1Hz que va conectada al PIC en el puerto B.0 que es el que tiene la interrupción externa.

Además hay que mencionar que el PIC tiene un cristal asociado de 12MHZ y también que su entrada de reset está conectada a los cinco voltios de la alimentación.

### **6.6.6 Implementar las placas electrónicas y conocer el funcionamiento básico**

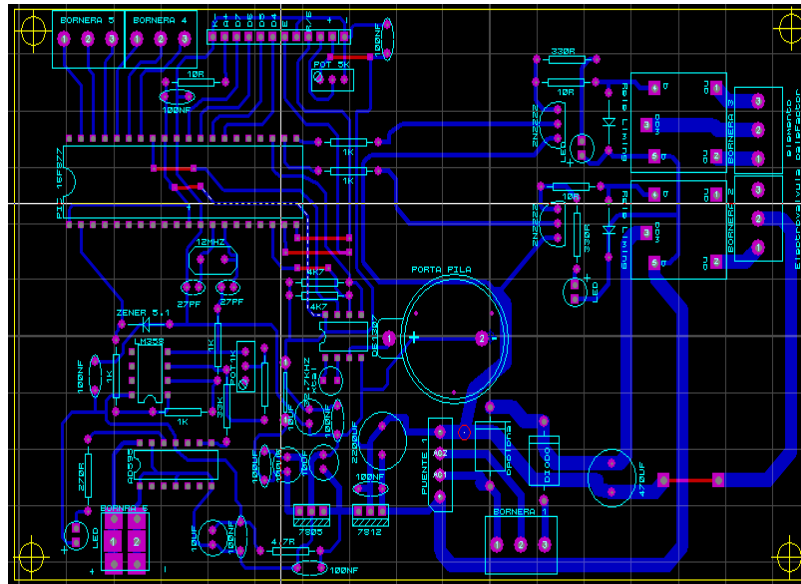
#### **Interfaz**

Una vez que se ha analizado el diagrama esquemático, se procede a realizar un listado de todos los componentes electrónicos que conforman la interfaz y posteriormente elaborar la placa electrónica.

A continuación se presentan los pasos básicos para la implementación de la placa electrónica:

1. Con todos los componentes listos el siguiente paso es diseñar la placa del circuito impreso en un software que simula todos los componentes con sus respectivas conexiones, para ordenarlos el lugar en los que deben ir colocados reduciendo el espacio en la placa.

- Luego que está listo el diseño se procede a imprimirlo en impresora a láser ya que este tipo de impresión es de alta calidad y el diseño queda impreso como una película sobre la hoja.

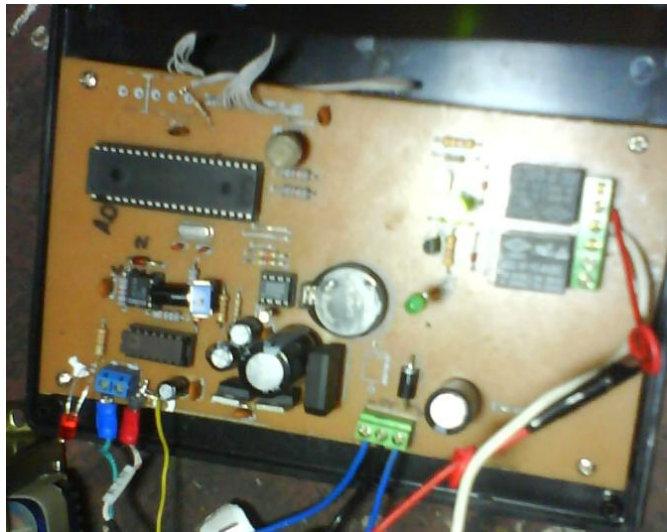


**Figura 6.15** Diseño del circuito impreso de la interfaz

**Fuente:** Realizado por el autor

- Una vez listo el circuito impreso, se procede a colocarlo en la placa sobre la lámina de cobre y por medio de un artefacto calefactor se desprende la tinta, quedando impregnado el dibujo del diseño del circuito en la misma.
- Mediante un proceso químico con agua y perclorato de hierro se elimina el cobre que no ha sido tapado por la tinta, posteriormente se elimina la tinta para que las pistas de cobre que conectan a los componentes se definan de manera permanente sobre la placa.
- Luego se realizan las perforaciones necesarias con las brocas adecuadas al tamaño de los huecos que se encuentran en las pistas para que los componentes puedan colocarse en la placa.
- Posteriormente cada uno de los componentes se ubica en su respectivo lugar para luego soldarlos con caudín.

7. Finalmente se realizan las pruebas de funcionamiento y comprobación de voltajes a fin de que el circuito funcione correctamente.



**Figura 6.16** Esquema del circuito

**Fuente:** Realizado por el autor

### 6.6.7 Funcionamiento de la interfaz

El funcionamiento básico de los principales circuitos integrados que conforman la interfaz es el siguiente:

En la bornera 1 recibimos la tensión alterna de 12 + 12 voltios que va a alimentar nuestro sistema, esta tensión es rectificadada por el puente de diodos, una vez rectificadada es filtrada por el condensador de 2200uf, y el condensador de 100nf.

Posteriormente la tensión obtenida es utilizada para accionar los relés, que también es regulada a 12 voltios por el regulador 7812, que a su vez es filtrada por los condensadores de 100uf y 100nf, posteriormente pasa por una resistencia de desacoplo de 4.7 ohmios, esta tensión también es filtrada por los condensadores de 10uf y 100nf, finalmente, esta tensión de 12 voltios es utilizada por los integrados AD595, LM358.

Cabe recalcar que se ha utilizado los veinticuatro voltios que da la fuente, utilizando el diodo d3 y el condensador c9 que lo filtra, para accionar la electroválvula.

Luego a esto, la tensión pasa hacia el adaptador de termocuplas AD595, que recibe la señal de la termocupla tipo K a través de la bornera 3, después se transmite por sus pines 1 y 14, recalcando que su pin número 12 da una señal de desconexión de la termocupla, en este caso luminosa a través de la resistencia R1 de 270 ohmios y el led verde. Su salida es por la pata 8 y 9, luego esta señal pasa por un divisor de tensión conformado por la resistencia R6 de 33k, una resistencia R7 de 10k y un potenciómetro de ajuste RV1 de 1k, este voltaje dividido ingresa a la entrada no inversora del LM 358, que nos sirve para adaptar la tensión a niveles en que el convertidor analógico digital del PIC opera. Las resistencias de 1k conectadas a los pines 1 a 2 que es la resistencia R4 y 2 a tierra que es la resistencia R5, se utilizan para darle al operacional la característica de amplificador de tensión, en el pin 1 del operacional que es su salida tenemos otra resistencia R5 que va a el zener D2 de 5.1 voltios, este zener se lo utiliza para limitar la tensión de la entrada del convertidor AD del PIC en este caso corresponde al pin 2 que es el puerto RA0, si no se utilizará el zener se podría sobrepasar los 5 voltios de operación el mismo puede sufrir serios daños.

La tensión de 12 voltios que tuvimos para que funcionen el AD595 y el LM358 la utilizamos para regularla a 5 voltios por el regulador 7805, este voltaje es utilizado para que puedan funcionar los integrados DS1307 y el 16f877.

Vemos que el PIC 16f877 es el que realiza toda las operaciones de conversión y cálculo, a este integrado le hemos conectado una pantalla alfanumérica en sus pines 19, 20, 27, 28, 29, 30, y un potenciómetro que nos sirve para ajustar el contraste. Vemos que en su entrada analógica RA.0 se recibe los datos de la termocupla, los mismos que son procesados por el convertidor analógico a digital interno. También vemos que están conectados unos pulsadores en sus pines 36, 37, 38, 39, que son los que nos permiten interactuar con las diferentes

configuraciones de hora y temperatura. También en sus pines 20, 21 vemos que van conectados unas resistencias de R8 y R9 de 1k que son las que controlan la activación de los relés, a través de los transistores Q1 y Q2 2n2222, que a su vez manejan los avisos luminosos de activación de los relés RL1 y RL2, estos son unos diodos led D6 y D7, que están conectados a través de unas resistencias R11 y R12 de 330 ohmios y también en los relés se ha colocado en paralelo con sus bobinas unos diodos D4 y D5 1n4148, para eliminar el pulso que se produce al activarse o desactivarse los mismos. Vemos también que el PIC recibe los datos del integrado de reloj de tiempo real DS1307 a través de los pines 18 y 23, estos a su vez tienen unas resistencias de pullup R2 y R3 de 4 y 7 k. ohmios, también se recibe del mismo integrado una onda cuadrada de 1 Hz que va al pin 33. Vemos que en los pines 13 y 14 tenemos un cristal de cuarzo de 12 Mhz y unos condensadores de 27pf que conforman el oscilador. Además en el pin 1 está conectado a +5 voltios este pin corresponde a reset.

El integrado DS1307 es el reloj de tiempo real vemos que es sus pines 3 y 4 está conectada una batería de 3v que es la que le ayuda a que el integrado siga funcionando a pesar de que no tenga electricidad, también vemos que tiene un cristal de cuarzo de 32.768 Khz en sus pines 1 y 2, su salida de datos esta en los pines 6 y 7, además su salida de onda cuadrada que en este caso ha sido activada esta en el pin 5.

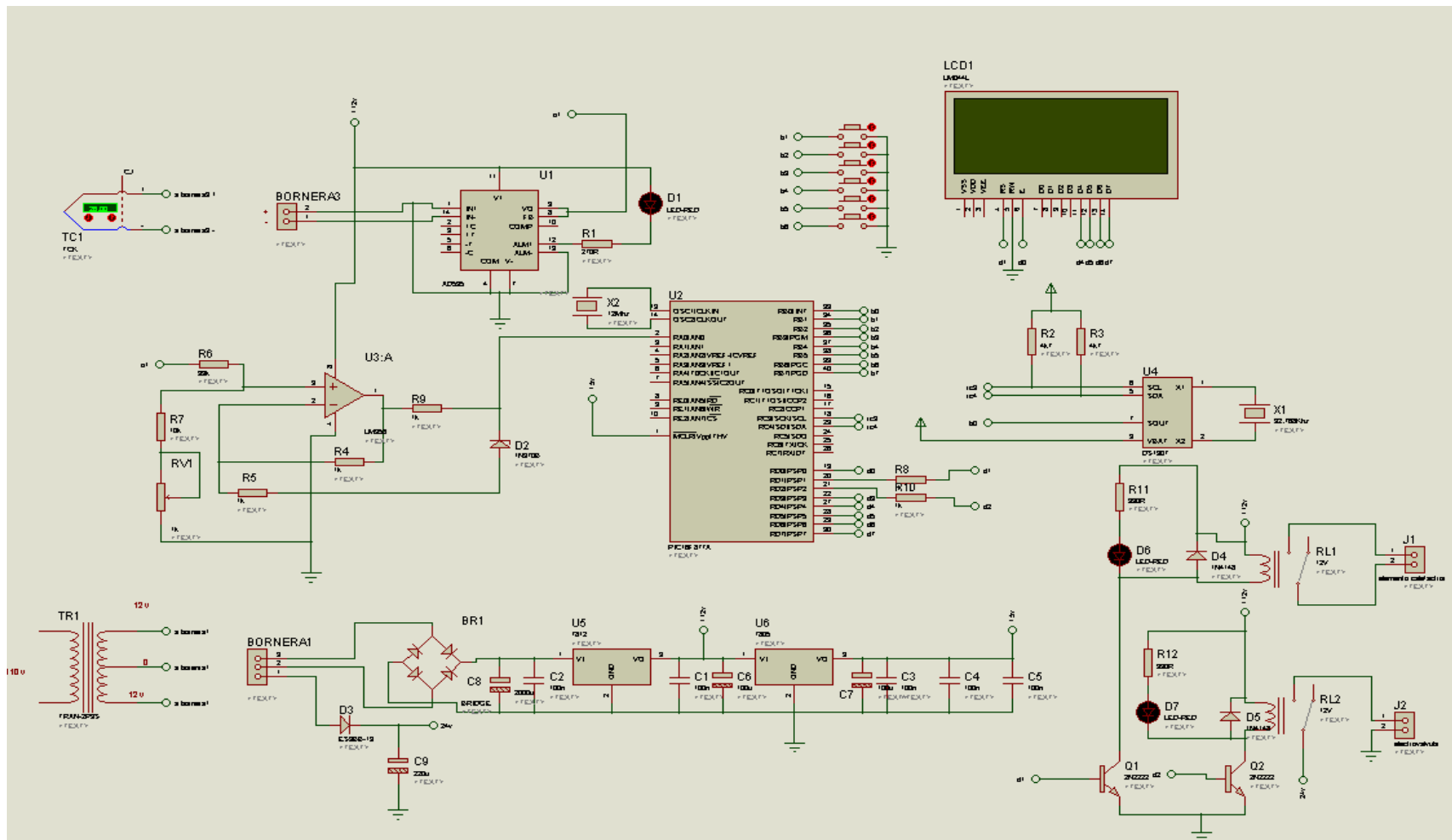


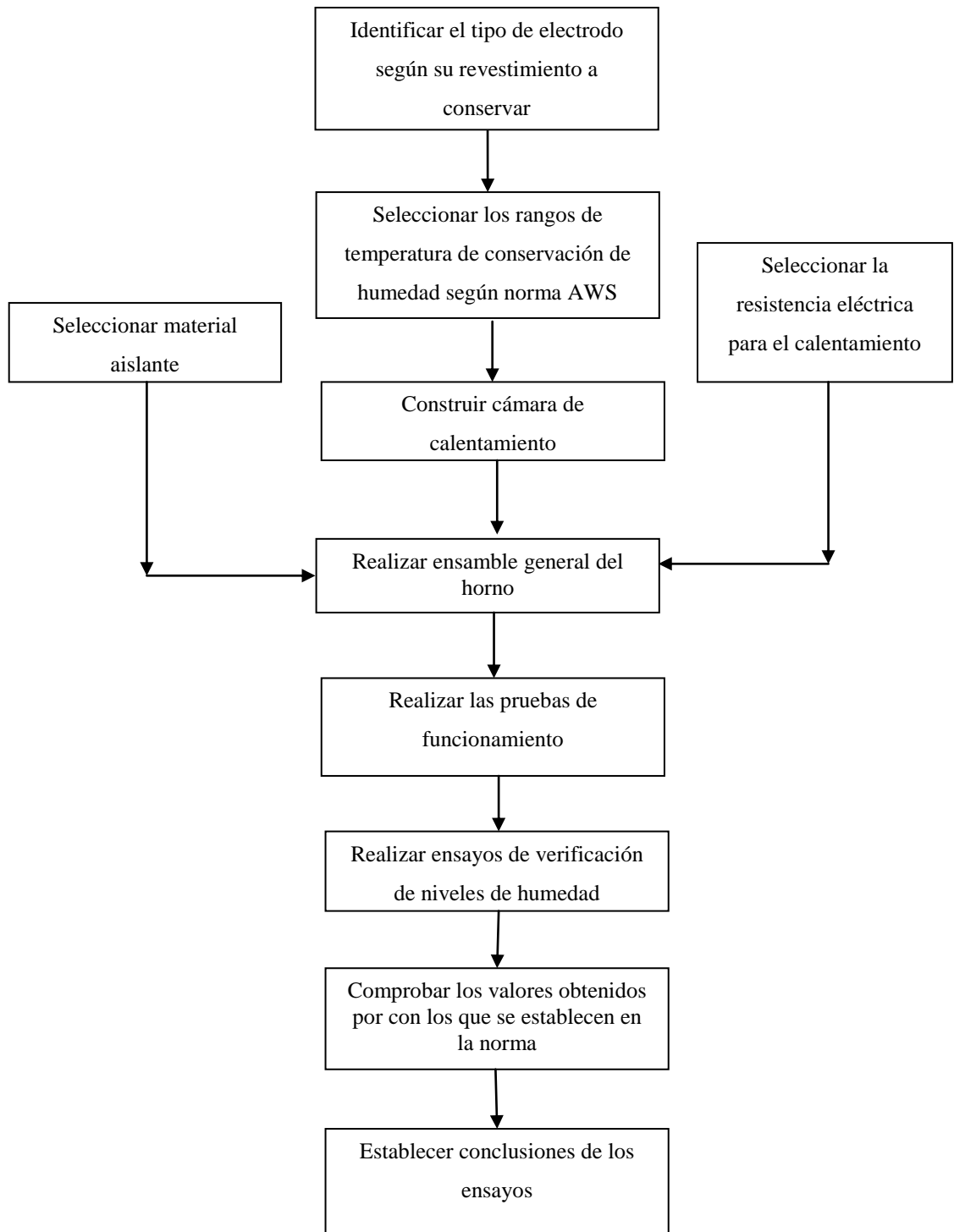
Figura 6.17 Esquema de circuito de control

Fuente: Elaborado por el autor

## 6.7 METODOLOGÍA

### 6.7.1 Diagrama empleado en la construcción y operación del Horno tipo mufla para conservar electrodos revestidos

El procedimiento de ejecución para la presente propuesta cuenta con varias etapas que permitan la implementación del Horno tipo mufla para conservar electrodos revestidos.





### ***Construcción de la estructura de la cámara de calentamiento***

A continuación se presenta brevemente una descripción de la construcción de las partes principales que conforman la estructura. Hay que mencionar que el material que se utilizó en la construcción es el aluminio liso de 1.5 mm.

Para la construcción de la base principal se necesitaron ejecutar los pasos mencionados a continuación:

**Tabla 6.5 Materiales para cámara de calentamiento**

Material	Dimensiones	Cantidad
Aluminio liso 1.5 mm	1200 x 350 mm	1
	510 x 350 mm	2

**Fuente:** Elaborado por el Autor

1. Con la plancha de 1200 x 350 mm procedemos a realizar un dobléz de 90° a 25 mm a lo largo de los extremos más largos de la plancha.
2. Se realiza cortes a 55 x 25 mm de cada extremo de los dobleces anteriormente elaborados.
3. Se realiza dobleces a 90° y a 20 mm en los extremos más cortos de tal manera que se forma una pequeña ala a cada extremo.
4. Posteriormente, se realizó un nuevo dobléz a 90° de 20 mm en las alas anteriormente mencionadas.
5. Se procede a realizar cortes en las alas de 25 mm mencionadas en el paso 2, esto a 400 mm en los dos lados. Esto sirve para realizar dobleces hacia afuera a 90° a la distancia anteriormente mencionada.



**Figura 6.18** Estructura frontal de la cámara de calentamiento

**Fuente:** Carrocerías IMCE

Para la construcción de la parte superior de la cámara de calentamiento realizamos los siguientes pasos:

1. Con la plancha de 510 x 350 mm realizamos un doblado a 90° a 20 mm en uno de los extremos de 350 mm.
2. Posteriormente se realizó en el mismo lado otro doblado de 90° a 25 mm.
3. El mismo procedimiento se lo realizó con el otro lado de 350 mm.



**Figura 6.19** Estructura superior de la cámara de calentamiento

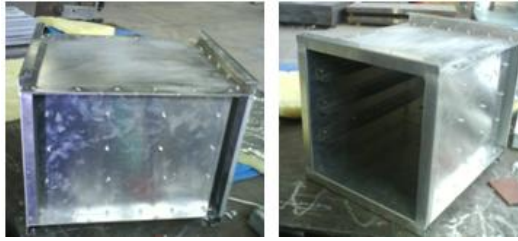
**Fuente:** Carrocerías IMCE

Para la construcción de la parte inferior de la cámara de calentamiento se realizó el mismo procedimiento que se mencionó con la construcción de la parte superior de la cámara de calentamiento.

Construidas estas tres partes se procedió a ensamblar las mismas.

1. Se centra correctamente las piezas a fin de ensamblarlas mediante la utilización de playos de aleta.
2. En la pieza que conforma la parte superior de la cámara de calentamiento, utilizando una broca 5/32", se procede a realizar perforaciones a 25 mm separado de cada lado. En los lados de 400 mm de distancia se realizó 6 perforaciones respectivamente y en el lado de 300 mm de distancia se realizó 5 perforaciones.
3. Se centró correctamente la estructura y se ubicó remaches 5/32". El mismo procedimiento se lo realizó con la pieza de la parte inferior de la cámara.

De tal manera que se obtuvo la siguiente figura de lo que es la cámara de calentamiento.



**Figura 6.20** Estructura de la cámara de calentamiento

**Fuente:** Carrocerías IMCE

### *Construcción de la estructura de la Carcasa del Horno*

Para la construcción de la carcasa se utilizó acero galvanizado de 1 mm de espesor ya que es resistente, fácil de trabajar, fácil de soldar y maleable.

Para la construcción de la parte principal de la carcasa se necesita cortar las siguientes dimensiones de planchas:

**Tabla 6.6** Materiales para cámara de calentamiento plancha superior

Material	Dimensiones	Cantidad
Acero Galvanizado 1 mm	465 x 1440 mm	1
	350 x 390 mm	1

**Fuente:** Elaborado por el autor

La carcasa fue construida en 2 partes, la parte principal se construyó de la siguiente manera:

1. Con la plancha de 465 x 1440 mm. se procede a realizar dobleces a 180° a 20 mm a lo largo de los extremos más largos.
2. Luego se realiza dobleces a 90° a 350 mm en cada uno de los extremos más cortos, dejando en uno de los extremos una pequeña ala de 20 mm.
3. Finalmente se realizó un último dobléz a 90° a 330 mm en la parte inferior de la carcasa, de la siguiente forma.



**Figura 6.21** Estructura de la carcasa lateral

**Fuente:** Carrocerías IMCE

4. En la construcción de la parte posterior de la carcasa se efectuó un corte de plancha de 350 x 390 mm.
5. Luego se realizó un doblado de 90° a 20 mm en ambos extremos de 350 mm.
6. Finalmente se realizó 3 perforaciones de diámetro de 5 mm a una separación de 20 mm de cada lado, a fin de ensamblar la cámara con la carcasa.



**Figura 6.22** Estructura de la carcasa posterior

**Fuente:** Carrocerías IMCE

### *Construcción de las bandejas*

Para la construcción de las bandejas utilizamos el aluminio liso debido a las características anteriormente mencionadas, siguiendo los pasos a continuación:

**Tabla 6.7** Materiales para las bandejas

Material	Dimensiones	Cantidad
Aluminio liso 1.5 mm	120 x 370 mm	6
	95 x 370 mm	3
	175 x 370 mm	6

**Fuente:** Elaborado por el Autor

1. Al corte de 95 x 370 mm., se le realiza dobleces a 20 mm a cada lado formando alas a 90° con un alto de 4 mm.



**Figura 6.23** Soporte interno de bandeja

**Fuente:** Carrocerías IMCE

2. Al pedazo de plancha de 103 x 370 mm. se le realiza un dobléz a 90 ° a 95 mm. Posteriormente realizamos otro dobléz a 180° a 40 mm.



**Figura 6.24** Soporte lateral de bandeja

**Fuente:** Carrocerías IMCE

3. Con el pedazo de 175 x 370 mm. se realizó cortes a de 40 x 40 mm en uno de los extremos y se dobló alas de 40 mm y a 90° a cada uno de los 3 lados.



**Figura 6.25** Estructura posterior de la bandeja

**Fuente:** Carrocerías IMCE

4. Se procedió a ensamblar remachando las partes construidas, mediante la ayuda de una broca de 1/8" de diámetro se taladró 4 perforaciones a 10 mm de los bordes de las piezas en forma de T y a 20 mm de ambos extremos de 300 mm de ancho.
5. Se procedió a realizar perforaciones en la base de la bandeja, esto a fin de que el calor generado por las resistencias eléctricas circule a través de las mismas.
6. Finalmente se ubicaron ángulos de 25 x 25 x 1.5 mm doblados de acero inoxidable 304, que se dispone en la fábrica. Obteniendo la siguiente figura.



**Figura 6.26** Estructura de la bandeja

**Fuente:** Carrocerías IMCE

### *Construcción de la puerta*

Para la construcción de la puerta se utilizó un acero galvanizado de 1 mm, esto debido a las características anteriormente mencionadas, siguiendo los siguientes pasos:

**Tabla 6.8** Materiales para la puerta

Material	Dimensiones	Cantidad
Acero Galvanizado 1 mm	105 x 350 mm	4
	350 x 390 mm	4

**Fuente:** Elaborado por el Autor

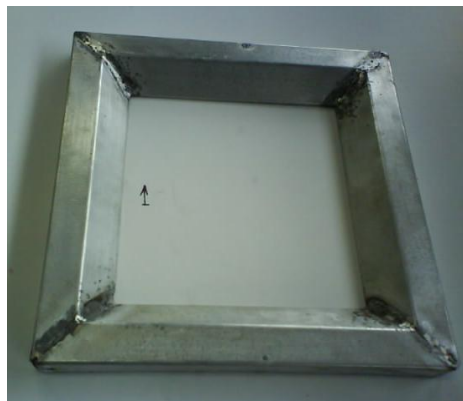
1. Con el pedazo de 105 x 350 mm procedemos a realizar un doblado a  $90^\circ$  a 25mm.
2. Posteriormente se realizó un nuevo doblado de  $60^\circ$  a 25 mm.
3. Se procede a realizar un doblado de  $30^\circ$  a 30 mm del borde realizado del anterior doblado, siendo que obtenemos la siguiente figura.



**Figura 6.27** Estructura de la puerta

**Fuente:** Carrocerías IMCE

4. Posteriormente se realizaron cortes a  $45^\circ$  en ambos extremos. Se ejecutó el mismo procedimiento de construcción con otros 3 cortes en similares condiciones.
5. Se suelda las piezas realizadas a fin de formar un solo cuerpo.



**Figura 6.28** Estructura lateral de la puerta

**Fuente:** Carrocerías IMCE

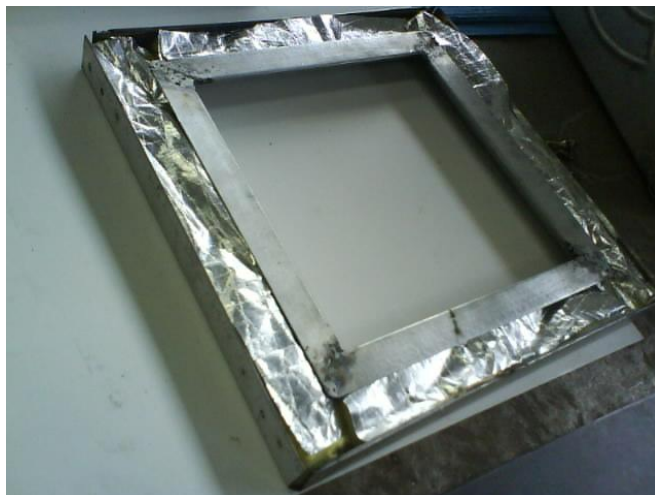
6. Con el corte 353 x 120 mm de procedemos a realizar un doblé de 90° a 25 mm de uno de los extremos.
7. Se realizaron cortes en ambos extremos a 45°. Se realizó el mismo procedimiento con los otros 3 cortes de similares dimensiones.
8. Se procede a soldar las piezas realizadas a fin de ensamblar un solo cuerpo.



**Figura 6.29** Estructura frontal de la puerta

**Fuente:** Carrocerías IMCE

9. Se procede a unir los ensamblados anteriormente soldados y mediante el uso de 2 tornillos avellanados 8 x 3/4" a cada lado obteniendo el ensamble de la estructura de la puerta, que previamente forramos con manta cerámica.



**Figura 6.30** Forrado de la puerta

**Fuente:** Carrocerías IMCE



10. Ubicamos una manilla en la parte frontal de la puerta, así como también se coloca vidrio templado de 6 líneas y se ubica sellante SIKASIL 3180 a fin de que se encuentre herméticamente sellado con la puerta el vidrio.
11. Ubicamos en la parte superior e inferior mediante el uso de tornillos hexagonales de  $\frac{1}{4} \times \frac{3}{4}$  las bisagras de refrigeradora que fueron adquiridas.
12. Finalmente ubicamos en el borde de la estructura mediante el uso del sellante anteriormente mencionado el empaque para altas temperaturas.



**Figura 6.31** Estructura del horno

**Fuente:** Carrocerías IMCE

## **6.8 ADMINISTRACIÓN**

### **6.8.1 Planeación**

Es muy importante tomar en cuenta la vida útil de prototipo, por tanto se presentan los siguientes puntos que ayudaran a mantenerla:

- El horno se encuentra dotado de un temporizador regulable a 24 horas, siendo que en este caso el horno funcionará las 8 horas de trabajo, iniciando su funcionamiento desde las 8 de la mañana hasta las 18 horas.
- Se encuentra dotado de una electroválvula que le ayudará a la cámara a aliviar la humedad absorbida del contenido de los electrodos hacia exterior del horno.
- Se debe colocar electrodos de una sola clase, de bajo hidrógeno o de rutilo considerando siempre el tipo de revestimiento.

### **6.8.2 Organización**

Para el manejo correcto y óptima utilización se ha realizado una pequeña guía de funcionamiento y operación del horno, indicando a las temperaturas que debe llegar y el tipo de electrodo adecuado para realizar el ensayo con la finalidad de evitar daños que conlleven a un mal funcionamiento del equipo.

### **6.8.3 Dirección**

La persona que va a operar a diario el equipo será el Señor Bodeguero y la persona que velará por una adecuada utilización del equipo será la persona encargada de Mantenimiento, que será el encargado de realizar una purga de manera semanal a fin de eliminar el exceso de humedad retenida a diario que se extrae de los electrodos.

### **6.8.4 Control**

Si durante las prácticas existe alguna anomalía o fallos comentarlos directamente al Jefe de Mantenimiento para que realicen los correctivos necesarios y evitar mayores daños en el equipo.

## **6.9 PREVISIÓN DE LA EVALUACIÓN**

El objetivo principal de la previsión de la evaluación es exponer las mejoras para la propuesta, presentar los resultados obtenidos durante las pruebas y finalmente exponer las observaciones técnicas de la propuesta.

### **6.9.1 Mejoras para la Propuesta**

Las mejoras son cambios positivos que pueden ser implementados a futuro, con el objetivo de incrementar las capacidades de la máquina. A continuación se presentan algunas de estas mejoras

- Disponer de una cámara mucho más amplia y mayor número de bandejas a fin de alojar un mayor número de electrodos.
- Disponer de una chapa eléctrica que le ayude a abrir la puerta del equipo con un panel de digitación de clave, a fin de que ciertas personas tengan acceso único de apertura.
- Disponer de un sensor de humedad relativa del entorno en el que se conservan los revestimientos de los electrodos.
- Se puede ubicar para mejor presentación del sistema una pantalla Intouch que puede ser incluso más didáctica para su uso y aplicación.
- Incluso también se puede incluir un sistema SCADA para que se pueda realizar de diferente manera la forma de programación.

#### **6.9.1.1 Guía de Funcionamiento**

A continuación se detalla la forma en la que se va a manipular el equipo para que el mismo funcione de una manera óptima.

- Seleccionar el tipo de electrodo que se va a someter a secado.
- Visualizar en la tabla 2.4 en la que consta la temperatura a la que se debe ensayar el electrodo seleccionado.
- Ubicar la cantidad a ensayar considerando el *Anexo 7*.
- Seleccionar y ubicar la temperatura (T1) de funcionamiento presionando el botón que indica menú y los botones con las flechas de arriba y abajo según sea conveniente.
- Someter al electrodo al ensayo al tiempo que indica la tabla 2.4.
- Esperar a que el horno muestre temperatura de lectura de 40° C.
- Realizar pruebas de soldadura.

Adicionalmente hay que recalcar que el equipo se encuentra dotado de una electroválvula que le permite realizar tiempos de purgado que previamente han sido programados dándose esta actividad los días Miércoles y Sábados a las 12 del día durante un minuto. Así como también el equipo se encuentra dispuesto de un

botón con la leyenda de purga que permite realizar la purga de humedad de manera independiente durante el tiempo que convenga.

El equipo inicia su operación a las 6 AM con su ascenso de temperatura de manera regular con el E7018 a 350° C, y se mantiene a dicha temperatura durante 1 hora para posteriormente a las 8 AM iniciar con el descenso de temperatura a 70° C con lo que se mantiene a esta última durante la jornada de trabajo que se da hasta las 5 PM con lo que se da el apagado del equipo. Este procedimiento se realiza de lunes a viernes, en tanto que el sábado la temperatura y tiempo de inicio se da de la misma manera que en los otros días finalizando la operación del mismo a las 12 PM.

Hay que mencionar que el tiempo y temperatura en el que está programado el equipo puede ser variable con lo que se pueden regular las temperaturas y tiempos de mantención.

### **6.9.1.2 Guía de Mantenimiento**

A fin de que se incremente la vida útil del equipo es necesario que se tengan en consideración ciertos parámetros con los que se puede garantizar la buena operación del mismo.

#### ***Mantenimiento Mensual***

Realizar una limpieza con un paño de las bandejas del equipo utilizando llaves hexagonales 5/32” a fin de sacar los pernos en la parte superior de las bisagras.

Purgar de manera quincenal el equipo a fin de que se elimine ciertos residuos ocasionados por la humedad.

Realizar una limpieza general de la cámara de calentamiento, principalmente de la termocupla que se encuentra en la parte posterior de la cámara, esto a fin de que se tenga una lectura de temperatura lo más certera posible.

Revisar continuamente que los cables de alimentación no se encuentren expuestos de manera directa al calor generado por el equipo.

Tener cuidado que los cables de alimentación no se encuentren expuestos a objetos cortopunzantes.

Realizar una revisión general de las resistencias eléctricas a fin de que en caso de existencia de residuos de óxido, removerlo suavemente con un cepillo de alambre de cerdas finas.

Disponer de un juego de resistencias eléctricas en stock para reemplazo en caso de que se quemem dichas resistencias eléctricas.

### 6.9.1.3 Guía de Seguridad

El equipo puesto que está destinado al secado se encuentra dotado de señalética, en la que se involucra señales de peligro de que el equipo se encuentra caliente y manipulación del equipo con guantes.



**Figura 6.32** Señales de advertencia colocadas en el equipo

**Fuente:** Señalética de Seguridad Industrial de Carrocerías IMCE

Para manipular el equipo se ha provisto de un juego de tenazas a fin de remover los electrodos el momento que se encuentren dentro de la cámara de calentamiento. Adicionalmente a manera de seguridad se deben tener en cuenta las siguientes consideraciones:

- Procure mantener el área de manipulación en orden a fin de evitar cualquier tipo de accidente.
- Tener cuidado con el cable de alimentación de energía no tenga contacto directo con el calor generado por el equipo u objetos cortopunzantes, a fin de evitar cortocircuitos.
- Evite manipular los componentes internos del sistema de control y en el caso de existir algún desperfecto comunicar al técnico responsable.
- Evite introducir objetos extraños ni derrame líquidos en el sistema de control.
- No utilizar el equipo para otros tipos de fines de calentamiento.

## MATERIALES DE REFERENCIA

### 1. BIBLIOGRAFÍA

#### LIBROS

- ACADEMIA HUTTE DE BERLÍN, “Manual del Ingeniero Mecánico”. Tomo II. Editorial Gustavo Gili, S.A. BARCELONA.
- DOMÍNGUEZ Esteban, FERRER Julián, “Técnicas de mecanizado para el mantenimiento de Vehículos”. Editex.
- ECHEVERRIA, R. (2003), Líquidos penetrantes, Universidad Nacional de Comahue, Laboratorio de Ensayos no Destructivos.
- JEFFUS, Larry, “Soldadura Principios y Aplicaciones”, Ed. Paraninfo, Quinta Edición.
- INCROPERA, Frank P. (1999). “Fundamentos de Transferencia de Calor”. Editorial Continental. México.
- MANRIQUE, José, “Termodinámica”, Tercera Edición, Oxford.
- McCORMAC Nelson (2006), Análisis de Estructuras Metálicas, ALFAOMEGA, México, Tercera Edición.
- NARANJO, Galo y otros. (2004). Tutoría de Investigación Científica. Producción Diemerino Editores. Segunda Edición. Quito – Ecuador.
- POTTER, Merle C., “Termodinámica”, Editorial Thomson.

- PÁSTOR, Mario, “Introducción a la metalurgia de la soldadura”. Facultad de Mecánica. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.
- SHIGLEY J., MISCHKE Ch. Diseño en Ingeniería Mecánica. Sexta Edición. MCGRAW HILL INTERAMERICANA Editores S.A. de C.V México D.F
- YUNUS, A. (2004) Transferencia de calor. Segunda Edición. MCGRAW-HILL INTERAMERICANA Editores S.A. México D.F.

## **TESIS**

- CARVAJAL J., ROMERO J. (2011), “Análisis y evaluación de las propiedades mecánicas de resistencia en juntas soldadas bajo el proceso FCAW afectadas por elevadas temperaturas (incendios), aplicando métodos de ultrasonido y ensayos mecánicos”, Escuela Politécnica del Ejército Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica Carrera de Ingeniería Mecánica.
- CIFUENTES J. (2005), “Análisis y prevención de falla por fisura en el flap del avión t-34 mediante la mecánica de la fractura y ensayos no destructivos para el CIDFAE”, ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO, Facultad de Ingeniería Mecánica.
- ESCOBAR L., MACHADO L. (1995), “Diseño y construcción de un Equipo para almacenar, secar y conservar los electrodos”, Escuela Politécnica Superior del Chimborazo. Facultad de Ingeniería Mecánica.
- ESCOBAR R. (2008), “Diseño y construcción de una presa hidráulica automática para el montaje de probetas metalográficas en caliente para el laboratorio de materiales de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica”. Carrera de Mecánica. UTA.



- FERNÁNDEZ, A. (2010), “La importancia de la inspección de soldadura en la fabricación y montaje de estructuras metálicas”, Universidad Veracruzana.
- LASCANO A. (2011), Estudio de materiales alternativos para el análisis metalográfico mediante réplicas y su incidencia en el costo del ensayo metalográfico no destructivo en uniones soldadas de acero A36. Tesis, Ingeniería Civil y Mecánica. Carrera de Mecánica. UTA.
- RUÍZ, H. (1993), “Inspección radiográfica de soldaduras”, Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica, Octubre 1993.
- SALÁN Luis, (2010) “Análisis metalográfico no destructivo mediante réplicas para evaluar la microestructura en uniones soldadas de acero A36 – posición 1G”, Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, Universidad Técnica de Ambato.
- SÁNCHEZ C. (2011), “Estudio de los tratamientos térmicos que se realizan en las partes de las turbinas de la central hidroeléctrica Agoyán para minimizar los costos de reparación” Tesis, UTA.
- VERGARA F., MARTÍNEZ N. (2008), “Apuntes de Ciencia de Materiales II”, Instituto Politécnico Nacional, Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica Unidad Profesional Azcapotzalco.

## **NORMAS, CATÁLOGOS Y REVISTAS**

- CARROCERÍAS IMCE, Carpetas de Documentación presentada a la ANT para certificación y homologación de la empresa.
- Catálogo de electrodos comunes, especiales y gases de corte y soldadura de AGA.

- Catálogo Acesco, PROCESOS DE SOLDADURA.
- Catálogo de características y propiedades de los electrodos más usados de INDURA.
- INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN. (1981). Código de Dibujo Técnico – Mecánico. Serie de Normalización 009. S/E. Quito – Ecuador.
- Recomendaciones de almacenamiento, manejo y resecado de los consumibles ESAB.
- Revista Microchip PIC16F87X Data Sheet.

#### **SITIOS WEB**

- [www.w3c.org/TR/1999/REC-html401-19991224/loose.dtd](http://www.w3c.org/TR/1999/REC-html401-19991224/loose.dtd)
- [www.orlhornos.com.ar/quienessomos.htm](http://www.orlhornos.com.ar/quienessomos.htm)
- <http://www.w3.org/TR/xhtml1/DTD/xhtml1-transitional.dtd>
- <http://tumkey.taiwantrade.com.tw/PROJECTS/ELECTRIC%20MACHINERY/26/>
- [http://books.google.com.ec/books?id=rHynAxzh0iEC&pg=PA528&dq=defectos+de+soldadura&hl=es&sa=X&ei=p3wXT9WZOqfX0QH\\_usHHA&ved=0CEAQ6AEwAg#v=onepage&q=defectos%20de%20soldadura&f=false](http://books.google.com.ec/books?id=rHynAxzh0iEC&pg=PA528&dq=defectos+de+soldadura&hl=es&sa=X&ei=p3wXT9WZOqfX0QH_usHHA&ved=0CEAQ6AEwAg#v=onepage&q=defectos%20de%20soldadura&f=false)
- <http://books.google.com.ec/books?id=SfweVaoy4MgC&printsec=frontcover&hl=es#v=onepage&q&f=false>

- <http://books.google.com.ec/books?id=PZUEIXvkwS4C&pg=PA307&dq=defectos+de+soldadura+electronica&hl=es&sa=X&ei=PH4XT6fSI-Hg0QH8yqmKAw&ved=0CEwQ6AEwBA#v=onepage&q=defectos%20de%20soldadura%20electronica&f=false>
- [www.sika.com.ec](http://www.sika.com.ec)
- <http://www.ipac-acero.com/ipac/hcatalogos.aspx>
- <http://raulsmtz.wordpress.com/2011/09/16/tabla-de-centroides-y-momentos-de-inercia/>
- [www.calorcol.com/Productos/Cat%25C3%25A1logodeProductos/](http://www.calorcol.com/Productos/Cat%25C3%25A1logodeProductos/)
- [www.lanamineralderocaCalorcol.com](http://www.lanamineralderocaCalorcol.com)
- [http://disensa.com/main/images/pdf/temas\\_generales.pdf](http://disensa.com/main/images/pdf/temas_generales.pdf)
- <http://www.dinatecnica.com.ar>
- <http://www.hispavila.com/3ds/atmega/ds1307reloj.html>

**ANEXOS**

## ANEXO 1

NORMA ASTM A 653 CSA			
Composición Química		Tabla de tensiones	
% C Máximo	0,10	Ruptura Min Mpa	
% Mn Máximo	0,60	Fluencia Min Mpa	170/280
% P Máximo	0,03	% Elongación Min	> 20
% S Máximo	0,04		
% Ni Máximo	0,20		
% Cu Máximo	0,20		

INEN 115		
<i>Desviaciones admisibles ( mm ) por exceso ( + ) y por defecto ( - ) en el espesor e especificado para los anchos dados</i>		
Espesor e especificado ( mm )	Anchos especificados ( mm )	
	1000 < ancho < 1200	1200 < ancho < 1800
0,5 < espesor < 0,8	0,08	0,09
0,8 < espesor < 1,0	0,09	0,10
1,0 < espesor < 1,3	0,10	0,13
1,3 < espesor < 1,8	0,13	0,15
Tolerancia en Planitud ( mm )	Espesor < 1,45 mm      13	
Flecha ( mm )	Largo < 1000 mm	3
	1000 < Largo < 1500 mm	5
	1500 < largo < 2000 mm	6
	2000 < largo < 3000 mm	8

  
*Ing. José María Parada*  
 JEFE INGENIERIA  
 I P A C S. A.

ANEXO 2



**Certificate of Aluminum sheet Quality of Shanghai Zdan International Co.,Ltd**

NO.CE-AS-02-07

Customer:	Corporacion Ecuatoriana de Aluminio S.A.,Cedat				Date:	May,14th,2007					
Product Name:	Aluminum sheets	Alloy:	1100	Spec:	1.5mm*1.22m*2.44m,1.5mm*1m*2m,3mm*1.22m*2.44m,2mm*1.22m*2.44		State:	H14			
Batch Number	Grade:			Quantity:	1414 Sheets		Net Weight:	19682KG			
Chemistry Ingredient:	Fe	Si	Cu	Mg	Mn	Zn	Cr	Ti	Ca	Al	Quality Standard
	0.4	0.27	0.12	0.02	0.01					the rest	
Mechanical Performance:	Tensile Strength (Mpa)				Extensibility %				Quality Standard		
	125				5				GB/T3880-1997		
Remark:					Packing Number:						
					Checker:						



### ANEXO 3

**TABLA A.1** Propiedades termofísicas de sólidos metálicos seleccionados\*

Composición	Punto de fusión (K)	Propiedades a 300 K				Propiedades a varias temperaturas (K)									
		$\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	$c_p$ (J/kg · K)	$k$ (W/m · K)	$\alpha \cdot 10^4$ (m <sup>2</sup> /s)	$k$ (W/m · K)/ $c_p$ (J/kg · K)									
						100	200	400	600	800	1000	1200	1500	2000	2500
Acero puro	1810	7870	447	80.2	23.1	134	94.0	69.5	54.7	43.3	32.8	28.3	32.1		
Aceros al carbón						216	384	490	574	680	975	609	654		
Carbón ordinario (Mn ≤ 1%, Si ≤ 0.1%) AISI 1010		7854	434	60.5	17.7			56.7	48.0	39.2	30.0				
Carbón-silicio (Mn ≤ 1%, 0.1% < Si ≤ 0.6%) Carbón-manganeso-silicio (1% < Mn ≤ 1.65%, 0.1% < Si ≤ 0.6%)		7832	434	63.9	18.8			58.7	48.8	39.2	31.3				
		7817	446	51.9	14.9			48.7	55.9	68.5	116.8				
								49.8	44.0	37.4	29.3				
								501	582	679	971				
Aceros con cromo (bajo)								42.2	39.7	35.0	27.6				
1Cr-1Mo-Si (0.18% C, 0.65% Cr, 0.23% Mo, 0.6% Si)		8131	434	41.0	11.6			48.7	55.9	68.5	109.0				
1Cr-1Mo (0.16% C, 1% Cr, 0.54% Mo, 0.39% Si)															
1Cr-V (0.2% C, 1.02% Cr, 0.15% V)		7822	444	37.7	10.9			38.2	36.7	33.3	26.9				
								492	575	688	969				
		7858	442	42.3	12.2			42.0	39.1	34.5	27.4				
								492	575	688	969				
		7836	443	48.9	14.1			46.8	42.1	36.3	28.2				
								492	575	688	969				
Aceros inoxidables															
AISI 302		8055	480	15.1	3.91			17.3	20.0	22.8	25.4				
AISI 304	1670	7900	477	14.9	3.95	9.2	12.6	51.2	55.9	58.5	60.6				
AISI 316		8238	468	13.4	3.48	27.2	40.2	16.6	19.8	22.6	25.4	28.0	31.7		
AISI 347		7978	480	14.2	3.71			51.5	55.7	58.2	61.1	64.0	68.2		
								15.2	18.3	21.3	24.2				
								50.4	55.0	57.6	60.2				
								15.8	18.9	21.9	24.7				
								51.3	55.9	58.5	60.6				





## ANEXO 5

Composición		Punto de fusión (K)	Propiedades a 300 K				Propiedades a varias temperaturas (K)									
			$\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	$c_p$ (J/kg · K)	$k$ (W/m · K)	$\alpha \cdot 10^4$ (m <sup>2</sup> /s)	$k$ (W/m · K)/ $c_p$ (J/kg · K)									
						100	200	400	600	800	1000	1200	1500	2000	2500	
Aluminio puro		933	2702	903	237	97.1	302	237	240	231	218					
							482	798	949	1033	1146					
Aleación 2024-T6 (4.5% Cu, 1.5% Mg, 0.6% Mn)		775	2770	875	177	73.0	65	163	186	186						
							473	787	925	1042						
Aleación 193, vaciado (4.5% Cu)			2790	883	168	68.2			174	185						
Arco (99.75% puro)			7870	447	72.7	20.7	93.6	80.6	65.7	53.1	42.2	32.3	28.7	31.4		
							215	384	490	574	680	975	609	654		
Berilio		1550	1850	1825	200	59.2	990	301	161	126	106	90.8	78.7			
							203	1114	2191	2604	2823	3018	3227	3519		
Bismuto		545	9780	122	7.86	6.59	16.5	9.69	7.04							
							112	120	127							
Boro		2573	2500	1107	27.0	9.76	190	55.5	16.8	10.6	9.60	9.85				
							128	600	1463	1892	2160	2338				
Cadmio		594	8650	231	96.8	48.4	203	99.3	94.7							
Cinc		693	7140	389	116	41.8	117	118	111	103						
							297	367	402	436						
Circonio		2125	6570	278	22.7	12.4	33.2	25.2	21.6	20.7	21.6	23.7	26.0	28.8	33.0	
							205	264	300	322	342	362	344	344	344	
Cromo		2118	7160	449	93.7	29.1	159	111	90.9	80.7	71.3	65.4	61.9	57.2	49.4	
							192	384	484	542	581	616	682	779	937	
Cobalto		1769	8862	421	99.2	26.6	167	122	85.4	67.4	58.2	52.1	49.3	42.5		
							236	379	450	503	550	628	733	674		
Cobre puro		1358	8933	385	401	117	482	413	393	379	366	352	339			
							252	356	397	417	433	451	480			
Bronce comercial (90% Cu, 10% Al)		1293	8800	420	52	14		42	52	59						
								785	460	545						

## ANEXO 6

**TABLA A.4** Propiedades termofísicas de gases a presión atmosférica\*

$T$ (K)	$\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	$c_p$ (kJ/kg · K)	$\mu \cdot 10^7$ (N · s/m <sup>2</sup> )	$\nu \cdot 10^6$ (m <sup>2</sup> /s)	$k \cdot 10^3$ (W/m · K)	$\alpha \cdot 10^6$ (m <sup>2</sup> /s)	$Pr$
Aire							
100	3.5562	1.032	71.1	2.00	9.34	2.54	0.736
150	2.3364	1.012	103.4	4.426	13.8	5.84	0.758
200	1.7458	1.007	132.5	7.590	18.1	10.3	0.737
250	1.3947	1.006	159.6	11.44	22.3	15.9	0.720
300	1.1614	1.007	184.6	15.89	26.3	22.5	0.707
350	0.9950	1.009	208.2	20.92	30.0	29.9	0.700
400	0.8711	1.014	230.1	26.41	33.8	38.3	0.690
450	0.7740	1.021	250.7	32.39	37.3	47.2	0.686
500	0.6964	1.030	270.1	38.79	40.7	56.7	0.684
550	0.6329	1.040	288.4	45.57	43.9	66.7	0.683
600	0.5804	1.051	305.8	52.69	46.9	76.9	0.685
650	0.5356	1.063	322.5	60.21	49.7	87.3	0.690
700	0.4975	1.075	338.8	68.10	52.4	98.0	0.695
750	0.4643	1.087	354.6	76.37	54.9	109	0.702
800	0.4354	1.099	369.8	84.93	57.3	120	0.709
850	0.4097	1.110	384.3	93.80	59.6	131	0.716
900	0.3868	1.121	398.1	102.9	62.0	143	0.720
950	0.3666	1.131	411.3	112.2	64.3	155	0.723
1000	0.3482	1.141	424.4	121.9	66.7	168	0.726
1100	0.3166	1.159	449.0	141.8	71.5	195	0.728
1200	0.2902	1.175	473.0	162.9	76.3	224	0.728
1300	0.2679	1.189	496.0	185.1	82	238	0.719
1400	0.2488	1.207	530	213	91	303	0.703
1500	0.2322	1.230	557	240	100	350	0.685
1600	0.2177	1.248	584	268	106	390	0.688
1700	0.2049	1.267	611	298	113	435	0.685
1800	0.1935	1.286	637	329	120	482	0.683
1900	0.1833	1.307	663	362	128	534	0.677
2000	0.1741	1.337	689	396	137	589	0.672
2100	0.1658	1.372	715	431	147	646	0.667
2200	0.1582	1.417	740	468	160	714	0.655
2300	0.1513	1.478	766	506	175	783	0.647
2400	0.1448	1.558	792	547	196	869	0.630
2500	0.1389	1.665	818	589	222	960	0.613
3000	0.1135	2.726	955	841	486	1570	0.536

## ANEXO 7

NUMERO DE ELECTRODOS POR KG.					
DIAMETRO		3/32	1/8	5/32	3/16
TIPO	AWS				
AGA	AWS	2.5 mm	3.20 mm	4.0 mm	5.0 mm
C 10	E 6010	65	38	24	16
C 13	E 6011	65	38	24	16
C 24		65	38	24	16
B 10	E 7018	-	29	19	13
R 10	E 6013	56	33	23	
RH 10			16	10	6
R 15	E 6013	56	33	23	
X 41	E NiCl		31	20	-
R 60	E 308L-16	49	28	19	-
R 63	E316L-16	48	26	18	-
R 65	E309L-Mo-16	45	26	20	
R 67	E310-16	47	28	19	-
R 91	E312-16	50	30	21	-

DIAMETRO		1/8	5/32	3/16
TIPO	AWS			
AGA	AWS	3.20 mm	4.0 mm	5.0 mm
B80	E Fe Mn-A	27	18	12
B83		28	20	14
B84		28	20	13
B-85	E Fe Cr-A1	-	14	
R-91	E312-16	30	21	

### MANTENIMIENTO Y RECUPERACIÓN (De electrodos Revestidos)

- 1.- Identifique el tipo de revestimiento del electrodo.
- 2.- Seleccione la temperatura (mantenimiento) o la temperatura y tiempo (recuperación) del horno.

REVESTIMIENTO	MANTENIMIENTO (°C)	RECUPERACIÓN (*) (h/°C)
Celulósico (C)	T.A.	1h/ 100°C
Rutílicos (R)	10 - 20 STA	1h/ 100°C
Bajo hidrógeno (B)	30 - 140 STA	2h/300-350°C (1)
Grafiticos, otros (x)	30 - 60 STA	1h/150°C (2)
Fundente (arco sumergido)	30 - 140 STA	2h/250 - 300°C

h= hora (s)

STA= Sobre Temperatura Ambiente

T.A.= Temperatura Ambiente

Catálogo de electrodos comunes, especiales y gases de corte y soldadura de

AGA

## ANEXO 8

ELECTRODO BÁSICO BAJA ALEACIÓN

B - 10

Norma: 

AWS	E 7018
-----	--------

Color de Revestimiento: Gris	Identificación: Punta Blanca
------------------------------	------------------------------

C	0.08%	Mn	1.0%	Si	0.6%
---	-------	----	------	----	------

**Análisis del Metal Depositado:**

**Características:**

\*Valores típicos

Electrodo con revestimiento de bajo hidrógeno, con polvo de hierro. Indicado para la soldadura de aceros de alta resistencia a la tracción (56 kg/mm<sup>2</sup> Máx) así como para aceros de construcción. Su arco es sumamente estable, poco chisporroteo y para mejores resultados úsese arco corto. Se recomienda mantener un arco corto para garantizar buenos resultados en inspecciones radiográficas. Para trabajos de alta responsabilidad es necesario secarlos a 350°C durante una hora.

**Aprobación:** **AMERICAN BUREAU OF SHIPPING**

**Propiedades Mecánicas:**

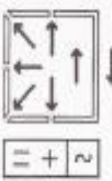
Resistencia a la Tracción	Elongación	Resistencia al Impacto
54-57 kg/mm <sup>2</sup>	30 - 34%	CHARPY-V
76.000		Joules
81.000 lbs/pulg <sup>2</sup>		70 - 90 (-29°C)

\*Valores típicos

**Posiciones de Soldar:** Plana, horizontal, sobrecabeza, vertical ascendente, vertical descendente.

**Corriente y Polaridad:**

Para corriente continua o alterna		
Electrodo al polo positivo		
ø mm	ø Pulg.	Amperaje
3.20	1/8	100-140
4.00	5/32	140-190
5.00	3/16	190-250



**Aplicaciones:**

- Para aceros de mediano y bajo carbono, baja aleación
- Para aceros laminados en frío, por sus características de resistencia a la deformación a altas temperaturas, su fácil manejo y óptimo rendimiento, es especialmente adecuado.
- Para soldadura de tuberías de vapor.
- Calderas de alta presión, tanques.
- Piezas para maquinaria pesada.
- Construcciones metálicas en obra.
- Reparaciones Navales.

Catálogo de electrodos comunes, especiales y gases de corte y soldadura de

AGA

## ANEXO 9

Tabla A.6 Propiedades termodinámicas de agua saturada\*

Temperatura, $T$ (K)	Presión $P$ (bars) <sup>b</sup>	Volumen específico (m <sup>3</sup> /kg)		Entalpía de vaporización $h_{fg}$ (kJ/kg)	Calor específico (kJ/kg · K)		Viscosidad (N · s/m <sup>2</sup> )		Conductividad térmica (W/m · K)		Número de Prandtl		Tensión superficial $\sigma_f \cdot 10^3$ (N/m)	Coeficiente de expansión $\beta_f \cdot 10^6$ (K <sup>-1</sup> )	Temperatura $T$ (K)
		$v_f \cdot 10^3$	$v_g$		$c_{p,f}$	$c_{p,g}$	$\mu_f \cdot 10^6$	$\mu_g \cdot 10^6$	$k_f \cdot 10^3$	$k_g \cdot 10^3$	$Pr_f$	$Pr_g$			
273.15	0.00611	1.000	206.3	2502	4.217	1.854	1750	8.02	569	18.2	12.99	0.815	75.5	-68.05	273.15
275	0.00697	1.000	181.7	2497	4.211	1.855	1652	8.09	574	18.3	12.22	0.817	75.3	-32.74	275
280	0.00990	1.000	130.4	2485	4.198	1.858	1422	8.29	582	18.6	10.26	0.825	74.8	46.04	280
285	0.01387	1.000	99.4	2473	4.189	1.861	1225	8.49	590	18.9	8.81	0.833	74.3	114.1	285
290	0.01917	1.001	69.7	2461	4.184	1.864	1080	8.69	598	19.3	7.56	0.841	73.7	174.0	290
295	0.02617	1.002	51.94	2449	4.181	1.868	959	8.89	606	19.5	6.62	0.849	72.7	227.5	295
300	0.03531	1.003	39.13	2438	4.179	1.872	855	9.09	613	19.6	5.83	0.857	71.7	276.1	300
305	0.04712	1.005	29.74	2426	4.178	1.877	769	9.29	620	20.1	5.20	0.865	70.9	320.6	305
310	0.06221	1.007	22.93	2414	4.178	1.882	695	9.49	628	20.4	4.62	0.873	70.0	361.9	310
315	0.08132	1.009	17.82	2402	4.179	1.888	631	9.69	634	20.7	4.16	0.883	69.2	400.4	315
320	0.1053	1.011	13.98	2390	4.180	1.895	577	9.89	640	21.0	3.77	0.894	68.3	436.7	320
325	0.1351	1.013	11.06	2378	4.182	1.903	528	10.09	645	21.3	3.42	0.901	67.5	471.2	325
330	0.1719	1.016	8.82	2366	4.184	1.911	489	10.29	650	21.7	3.15	0.908	66.6	504.0	330
335	0.2167	1.018	7.09	2354	4.186	1.920	453	10.49	656	22.0	2.88	0.916	65.8	535.5	335
340	0.2713	1.021	5.74	2342	4.188	1.930	420	10.69	660	22.3	2.66	0.925	64.9	566.0	340
345	0.3372	1.024	4.683	2329	4.191	1.941	389	10.89	668	22.6	2.45	0.933	64.1	595.4	345
350	0.4163	1.027	3.846	2317	4.195	1.954	365	11.09	678	23.0	2.29	0.942	63.2	624.2	350
355	0.5100	1.030	3.180	2304	4.199	1.968	343	11.29	671	23.3	2.14	0.951	62.3	652.3	355
360	0.6209	1.034	2.645	2291	4.203	1.983	324	11.49	674	23.7	2.02	0.960	61.4	679.9	360
365	0.7514	1.038	2.212	2278	4.209	1.999	306	11.69	677	24.1	1.91	0.969	60.5	707.1	365
370	0.9040	1.041	1.861	2265	4.214	2.017	289	11.89	679	24.5	1.80	0.978	59.5	728.7	370
373.15	1.0133	1.044	1.679	2257	4.217	2.029	279	12.02	680	24.8	1.76	0.984	58.9	750.1	373.15
375	1.0815	1.045	1.574	2252	4.220	2.036	274	12.09	681	24.9	1.70	0.987	58.6	761	375
380	1.2869	1.049	1.337	2239	4.226	2.057	260	12.29	683	25.4	1.61	0.999	57.6	788	380
385	1.5233	1.053	1.142	2225	4.232	2.080	248	12.49	685	25.8	1.53	1.004	56.6	814	385
390	1.794	1.058	0.980	2212	4.239	2.104	237	12.69	686	26.3	1.47	1.013	55.6	841	390
400	2.455	1.067	0.731	2183	4.256	2.158	217	13.05	688	27.2	1.34	1.033	53.6	896	400
410	3.302	1.077	0.553	2153	4.278	2.221	200	13.42	688	28.2	1.24	1.054	51.5	952	410
420	4.370	1.088	0.425	2123	4.302	2.291	185	13.79	688	29.8	1.16	1.075	49.4	1010	420
430	5.699	1.099	0.331	2091	4.331	2.369	173	14.14	685	30.4	1.09	1.10	47.2	430	430
440	7.333	1.110	0.261	2059	4.36	2.46	162	14.50	682	31.7	1.04	1.12	45.1	440	440
450	9.319	1.123	0.208	2024	4.40	2.56	152	14.85	678	33.1	0.99	1.14	42.9	450	450
460	11.71	1.137	0.167	1989	4.44	2.68	143	15.19	673	34.6	0.95	1.17	40.7	460	460
470	14.55	1.152	0.136	1951	4.48	2.79	136	15.54	667	36.3	0.92	1.20	38.5	470	470
480	17.90	1.167	0.111	1912	4.53	2.94	129	15.88	660	38.1	0.89	1.23	36.2	480	480
490	21.83	1.184	0.0922	1870	4.59	3.10	124	16.23	651	40.1	0.87	1.25	33.9	490	490
500	26.40	1.203	0.0766	1825	4.66	3.27	118	16.59	642	42.3	0.86	1.28	31.6	500	500
510	31.66	1.222	0.0631	1779	4.74	3.47	113	16.95	631	44.7	0.85	1.31	29.3	510	510
520	37.70	1.244	0.0525	1730	4.84	3.70	108	17.33	621	47.5	0.84	1.35	26.9	520	520
530	44.58	1.268	0.0445	1679	4.95	3.96	104	17.72	608	50.6	0.85	1.39	24.5	530	530
540	52.38	1.294	0.0375	1622	5.08	4.27	101	18.1	594	54.0	0.86	1.43	22.1	540	540
550	61.19	1.323	0.0317	1564	5.24	4.64	97	18.6	580	58.3	0.87	1.47	19.7	550	550
560	71.08	1.355	0.0269	1499	5.43	5.09	94	19.1	563	63.7	0.90	1.52	17.3	560	560
570	82.16	1.392	0.0228	1429	5.68	5.67	91	19.7	548	76.7	0.94	1.59	15.0	570	570
580	94.51	1.433	0.0193	1353	6.00	6.40	88	20.4	528	76.7	0.99	1.68	12.8	580	580
590	108.3	1.482	0.0163	1274	6.41	7.35	84	21.5	513	84.1	1.05	1.84	10.5	590	590
600	123.5	1.541	0.0137	1176	7.00	8.75	81	22.7	497	92.9	1.14	2.15	8.4	600	600
610	137.3	1.612	0.0115	1068	7.85	11.1	77	24.1	467	103	1.30	2.60	6.3	610	610
620	159.1	1.705	0.0094	941	9.35	15.4	72	25.9	444	114	1.52	3.46	4.5	620	620
625	169.1	1.778	0.0085	858	10.6	18.3	70	27.0	430	121	1.65	4.20	3.5	625	625
630	179.7	1.856	0.0075	781	12.6	22.1	67	28.0	412	130	2.0	4.8	2.6	630	630
635	190.9	1.935	0.0066	683	16.4	27.6	64	30.0	392	141	2.7	6.0	1.5	635	635
640	202.7	2.075	0.0057	560	26	42	59	32.0	367	155	4.2	9.6	0.8	640	640
645	215.2	2.351	0.0045	361	90	—	54	37.0	331	178	12	26	0.1	645	645
647.3 <sup>c</sup>	221.2	3.170	0.0032	0	∞	∞	45	45.0	238	238	∞	∞	0.0	647.3 <sup>c</sup>	647.3 <sup>c</sup>

\*Adaptada de la referencia 19.

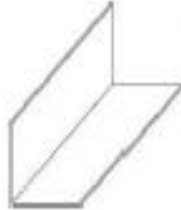
<sup>b</sup>1 bar = 10<sup>5</sup> N/m<sup>2</sup>.

<sup>c</sup>Temperatura crítica.

## ANEXO 10



### Perfil Estructural: Ángulo Doblado



#### ■ ESPECIFICACIONES GENERALES

Largo Standard: 6 metros  
 Recubrimiento: negro o galvanizado  
 Espesores: Desde 1.5 a 10 milímetros  
 Calidad del Acero: ASTM A-36  
 Observaciones: Otros largos y dimensiones previa consulta  
 Medidas: 3/4" a 4"



DIMENSIONES				PESO	PROPIEDADES				
H	B	e	P		AREA Ejes X-X e Y-Y				
mm	mm	mm	Kg/6m	A	I	W	i	x = y	
20	20	2	3.46	0.73	0.28	0.2	0.6	0.59	
		3	4.96	1.05	0.38	0.38	0.6	0.64	
25	25	3	4.38	0.93	0.57	0.32	0.8	0.73	
		3	6.36	1.35	0.79	0.45	0.8	0.77	
30	30	2	5.34	1.13	1	0.46	0.9	0.84	
		3	7.78	1.65	1.41	0.67	0.9	0.89	
40	40	2	7.23	1.53	2.44	0.84	1.3	1.09	
		3	10.61	2.25	3.5	1.22	1.3	1.14	
		4	13.83	2.94	4.46	1.58	1.2	1.19	
		5	16.9	3.59	5.31	1.92	1.2	1.24	
50	50	3	9.11	1.93	4.06	1.33	1.6	1.34	
		3	13.43	2.85	7.03	1.95	1.6	1.39	
		4	17.6	3.74	9.04	2.54	1.6	1.44	
		5	21.61	4.59	10.9	3.1	1.5	1.48	
60	60	5	25.5	5.41	12.6	3.62	1.5	1.53	
		5	30.32	6.59	16.4	4.55	1.9	1.73	
		6	31.14	6.61	22.6	5.35	1.9	1.76	
		5	36.68	8.09	25	5.38	2	1.86	
65	65	6	33.96	7.21	29.1	6.34	2	1.9	
		6	40.32	8.4	46.76	8.57	2.3	2.16	
75	75	8	52.56	10.66	50.03	11.06	2.3	2.25	
		10	64.92	13.36	68.89	13.36	2.3	2.35	
80	80	8	56.4	11.75	71.32	12.67	2.5	2.37	
		10	68.94	14.36	94.97	15.36	2.4	2.47	
100	100	8	71.76	14.95	144.6	20.29	3.1	2.67	
		10	88.14	18.36	173.9	24.73	3.1	2.67	

#### ■ NORMA INTERNA

Fabricación: Según Norma INEN 1623  
 Tolerancias:  $h < = 125 \text{ mm} \pm 1,50 \text{ mm}$   
 $h > 125 \text{ mm} \pm 2,00 \text{ mm}$   
 Si espesor (1.5 - 5mm)  $b \pm 1,50 \text{ mm}$   
 Si espesor (mayor a 5mm)  $b \pm 2,00 \text{ mm}$   
 Longitud: -0  
 $+ 40 \text{ mm}$   
 Radio: 3 veces el espesor

#### ■ APLICACIONES

- Conformación de elementos estructurales (Cercas)
- Torres
- Bitariteria
- Carpintería en general ventanas, puertas, camas
- Estructura rústica
- Vitrinas
- Cerramientos
- Vallas publicitarias
- Chasis de camiones
- Remolques



#### ■ NOMENCLATURA

**A** = Área de la sección transversal del tubo,  $\text{cm}^2$     **W** = Módulo resistente de la sección,  $\text{cm}^3$   
**I** = Momento de inercia de la sección,  $\text{cm}^4$     **i** = Radio de giro de la sección,  $\text{cm}$   
**X** = Distancia desde el eje menor Y-Y a la superficie exterior de un perfil,  $\text{cm}$

## ANEXO 11

**Tabla E-22**

Resultados de ensayos a la tensión de algunos metales\*

Fuente: J. Datko, "Solid Materials", cap. 7 en Joseph E. Shigley y Charles R. Mischke (eds. en jefe), *Standard Handbook of Machine Design*, 2a. ed., McGraw-Hill, Nueva York, 1996, pp. 7.47-7.50.

Número	Material	Condición	Resistencia (a la tensión)				Resistencia a la deformación, exponente $m$	Deformación a la fractura $\epsilon_f$
			Cedencia $S_y$ , MPa (kpsi)	Última $S_u$ , MPa (kpsi)	A la fractura, $\sigma_b$ , MPa (kpsi)	Coefficiente $\sigma_b$ , MPa (kpsi)		
1018	Acero	Recocido	220 (32.0)	341 (49.5)	628 (91.1)†	620 (90.0)	0.25	1.05
1144	Acero	Recocido	358 (52.0)	646 (93.7)	898 (130)†	992 (144)	0.14	0.49
1212	Acero	HR	193 (28.0)	424 (61.5)	729 (106)†	758 (110)	0.24	0.85
1045	Acero	T&R600°F	1 520 (220)	1 580 (230)	2 380 (345)	1 880 (273)†	0.041	0.81
4142	Acero	T&R600°F	1 720 (250)	1 930 (210)	2 340 (340)	1 760 (255)†	0.048	0.43
303	Acero inoxidable	Recocido	241 (35.0)	601 (87.3)	1 520 (221)†	1 410 (205)	0.51	1.16
304	Acero inoxidable	Recocido	276 (40.0)	568 (82.4)	1 600 (233)†	1 270 (185)	0.45	1.67
2011	Aleación de aluminio	T6	169 (24.5)	324 (47.0)	325 (47.2)†	620 (90)	0.28	0.10
2024	Aleación de aluminio	T4	296 (43.0)	446 (64.8)	533 (77.3)†	689 (100)	0.15	0.18
7075	Aleación de aluminio	T6	542 (78.6)	593 (86.0)	706 (102)†	882 (128)	0.13	0.18

\*Los valores se dan en unidades de uno a dos ceros y se considera que se pueden utilizar cuando especificaciones adecuadas de compra. La deformación por fractura puede variar hasta un 100%.  
†Valor mínimo.

## ANEXO 12

Tabla 3. Tolerancias de calibración para termocuplas estándar ( referencia junta fría 0° C ) según IEC 584 Parte 1 .

<b>Termocupla</b>	<b>Rango</b>	<b>Clase 1 . Desviación máxima (±) (1)</b>
Cobre vs. Cobre-níquel, Tipo T	-40 a + 350°C	0,5 °C ó 0,004 (t)
Hierro vs. cobre- níquel, Tipo J	-40a+ 750 °C	1,5 °C ó 0,004 (t)
Níquel-cromo vs. níquel, Tipo K	- 40 a 1.000 °C	1,5 °C ó 0,004 (t)
Platino-rodio 13% vs. platino, Tipo R .	0 a + 1.600°C	1 °C ó 1 + 0,003 (t - 1. 100)°C
Platino-rodio 10% vs. platino, Tipo S	0 a + 1. 600°C	1 °C ó 1 + 0,003 ( t - 1.100)°C
Platino-rodio 30% vs. platino-rodio 6%, Tipo B	--	
<b>Termocupla</b>	<b>Rango</b>	<b>Clase 2 . Desviación máxima (±) (1)</b>
Cobre vs. cobre-níquel, Tipo T	-40a+ 350°C	1°C ó 0,0075(t)
Hierro vs. cobre-níquel, Tipo J	-40a+ 750 °C	2,5 °C ó 0,0075 (t)
Níquel-cromo vs. níquel, Tipo K	- 40 a + 1.200°C	2. 5 °C ó 0.0075 (t)
Platino-rodio 13% vs. platino, Tipo R	0 a + 1.600 °C	1,5 °C ó 0,0025 (t)
Platino- rodio 10% vs. platino, Tipo S	0 a + 1.600 °C	1,5 °C ó 0,0025 (t)
Platino- rodio 30% vs. platino-rodio 6%, Tipo B	+ 600 a + 1700 °C	1,5 °C ó 0,0025 (t)
<b>Termocupla</b>	<b>Rango</b>	<b>Clase 3(2) . Desviación máxima (±) (1)</b>
Cobre vs. Cobre-níquel, Tipo T	-200 a + 40 °C	1 °C ó 0,015 (t)
Hierro vs. cobre- níquel, Tipo J	-200 a + 40 °C	2,5 °C ó 0,015 (t)
Níquel-cromo vs. níquel, Tipo K	-200 a + 40 °C	2,5 °C ó 0,015 (t)
Platino-rodio 13% vs. platino, Tipo R	--	--
Platino-rodio 10% vs. platino, Tipo S	--	--
Platino-rodio 30% vs. platino-rodio 6%, Tipo B	+600 a + 1.700 °C	4 °C ó 0,005 (t)

(1) La desviación máxima debe ser calculada como el mayor valor de las dos expresiones: el valor en °C o su equivalente calculado reemplazando (t) por la temperatura en cuestión.

(2) Normalmente, las termocuplas y los cables compensados se suministran con tolerancias especificadas por encima de -40 °C. Para termocuplas utilizadas por debajo de -40 °C . debe entenderse que sus tolerancias son para ese material mayores que las especificadas en Clase 3.



## ANEXO 13

### Meteorología en Ambato

Humedad Relativa Promedio: 68%

Presión atmosférica : 742 hPa

Velocidad del viento : 2 km/h

Ráfagas de viento : N/A km/h

Dirección del viento : VAR

Punto de rocío : 12

Temperatura media: 17 °C

---

### Datos geográficos de Ambato

Referencia tomada en : Ambato, Ecuador

Latitud : -1.24

Hora de salida del sol : 6:09 AM

Hora de la puesta de sol : 6:13 PM

Zona Horaria : UTC -5

FUENTE: INAMHI



FICHA TÉCNICA

## MANTA CERÁMICA

Aislamientos Térmicos  
Aislamientos y Tratamientos Acústicos  
Protección pasiva contra incendios  
Cubiertas y Cerramientos Termoacústicos



### DESCRIPCIÓN

Manta de fibra cerámica con muy baja conductividad térmica, fabricada por procesos de soplado o centrifugado. Sin aglutinantes químicos sus costuras le proporcionan excelente resistencia mecánica y gran facilidad de instalación.

### APLICACIONES

- Aislamiento, revestimiento y reparación general de hornos, calderas y otros equipos de alta temperatura.
- Reemplazo de asbestos.
- Aislamiento en reactores térmicos, chimeneas y equipos de incineración.
- Procesos petroquímicos.
- Aislamiento eléctrico.
- Protección contra incendio.

### Ventajas

- Baja conductividad térmica.
- Excelente resistencia al choque térmico.
- Bajo peso.
- Flexible.
- Gran resistencia mecánica.
- Fácil manejo e instalación.
- No contiene asbesto.
- Resistente a la corrosión.
- Resistente a la mayoría de ataques químicos.



## DATOS TÉCNICOS

	Estandar
Temperatura de clasificación (°C)	1260
Temperatura de trabajo (°C)	1050
Color	Blanco
Densidad (kg/m <sup>3</sup> )	64, 96, 128, 160
Conductividad térmica (W/m.k) Densidad (128 kg/m <sup>3</sup> )	
800°C	0.15
1000°C	0.17
Encogimiento térmico 24 hr Densidad (128 kg/m <sup>3</sup> )	1150°C
(%)	≤ 3
Composición química (%)	
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	45 - 47
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> + SiO <sub>2</sub>	98.5
ZrO <sub>2</sub>	-
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	< 0.4
K <sub>2</sub> O + Na <sub>2</sub> O	< 0.3
CaO + MgO	< 0.2
Dimensiones (mm)	14400 x 610 x 12.5 7200 x 610 x 25 3600 x 610 x 50 Tamaños no estándares están disponibles bajo pedido

Se pueden suministrar materiales con otras especificaciones según requerimiento y disponibilidad.

### "Líderes en Aislamientos Industriales"

CALORCOL S.A. Calle 46 N° 71 - 121 Copacabana - Antioquia - Colombia PBX: (574) 274 41 49 - FAX: (574) 274 56 92 A.A. 9861  
Medellín - Antioquia - Colombia - info@calorcol.com - www.calorcol.com

## ANEXO 15

Hoja Técnica  
Edición Nº1 05 - 2006  
Identificación nº  
Versión - 01  
Sikasil 3180

# Sikasil® 3180

Sellador de silicona para altas temperaturas

### DATOS TECNICOS

Base química	Silicona monocomponente que cura al entrar en contacto con la humedad del aire.
Tiempo de formación de película	~10 -30 minutos (+23°C/50 % HR)
Tiempo hasta la desaparición del tacto pegajoso	~60 minutos (+23°C/50 % HR)
Velocidad de curado	~1,5 mm/24 h (+23°C/50 % HR)
Capacidad de movimiento	± 25 % (ISO 9047) 50 % (ASTM C920)
Dimensiones de la junta	Ancho mín. 6 mm/ancho máx. 35 mm
Resistencia al descuelgue	Resistente (ISO 7390, perfil U20)
Temperatura de uso	Entre - 40°C y + 250°C (tras la vulcanización)
<b>Propiedades mecánicas</b>	
Resistencia al desgarro	~4,5 N/mm tras 4 semanas (+23°C/50 % HR) (ISO 34-C)
Dureza, Shore A	~20 tras 4 semanas (+23°C/50 % HR) (ISO 868)
Módulo de elasticidad	~0,55 N/mm <sup>2</sup> con un alargamiento del 100 % tras 4 semanas (+23°C/50 % HR) (ISO 37, rod S2) ~0,45 N/mm <sup>2</sup> con un alargamiento del 100 % tras 4 semanas (+23°C/50 % HR) (ISO 8339-A)
Resistencia a la tracción	~1,30 N/mm <sup>2</sup> tras 4 semanas (+23°C/50 % HR) (ISO 37, rod S2) ~0,70 N/mm <sup>2</sup> tras 4 semanas (+23°C/50 % HR) (ISO 8339-A)
Alargamiento a la rotura	~450 % tras 4 semanas (+23°C/50 % HR) (ISO 37, rod S2) ~250 % tras 4 semanas (+23°C/50 % HR) (ISO 8339-A)

#### Descripción

Sikasil 3180 es un sellador monocomponente de silicona con alta elasticidad. Se trata de un sellador ácido que cura al entrar en contacto con la humedad del aire.

#### Usos

Sikasil 3180 es un sellador de altas prestaciones ideal para sellar, pegar y reparar en aquellas aplicaciones que requieran una buena resistencia térmica (hornos, chimeneas, etc.).

#### Ventajas

- Sistema de reticulación ácida.
- Listo para aplicar.
- Exento de disolventes.
- Resistente al descuelgue.
- Buena trabajabilidad a bajas (5°C) y altas (40°C) temperaturas.
- Vulcanización rápida: deja de ser pegajoso al tacto en poco tiempo.
- Baja contracción al curar
- Tras curar: elástico a bajas (-40°C) y altas (+300°C) temperaturas picos.
- Extraordinaria adherencia al vidrio, las superficies vitrificadas, las baldosas cerámicas, numerosos plásticos y recubrimientos.
- Excelente resistencia a la intemperie y a la radiación UV.
- Resistente a la abrasión.

#### Datos del producto

Aspecto  
Color: Véase tabla de productos. Si desea más información, consulte con nuestro Departamento Técnico.

#### Presentación

Cartuchos de 300 ml.  
25 cartuchos por caja.

Otros envases y embalajes disponibles a petición del cliente, por ejemplo para aplicaciones industriales.



## Almacenamiento

Condiciones de almacenamiento / caducidad

12 meses a partir de la fecha de fabricación si se almacena en los envases originales, cerrados herméticamente y en buen estado, en un lugar seco, protegidos de la luz solar directa y a una temperatura entre 5°C y 25°C.

## Modo de empleo

### Aplicación

El ancho de junta debe calcularse de tal forma que no limite la capacidad de movimiento del sellador. El ancho de junta debe ser superior a 6 mm e inferior a 35 mm. La relación ancho-profundidad de ~2:1 deberá respetarse siempre. Las dimensiones de las juntas deberán ser correctas desde el principio ya que no es posible rectificarlas posteriormente. Los datos base necesarios para el cálculo del ancho de junta son los valores de las propiedades técnicas del sellador y de los materiales adyacentes, la exposición de los elementos de la construcción, así como su forma y tamaño.

CUADRO 1

Ancho de junta	8 mm	10 mm	15 mm	20 mm	25 mm	30 mm
Profundidad de junta	6 mm	8 mm	8 mm	10 mm	12 mm	15 mm
Longitud del sellado/600 ml	~12,5 m	~7,5 m	~4,5 m	~2,5 m	~1,6 m	~1,3 m

## Consumo

Los valores ofrecidos son únicamente orientativos. (cuadro 1)  
Fondo de junta: utilizar únicamente cordones de espuma compatibles con el sellador (polietileno de célula cerrada de alta recuperación, etc.). Cuando las juntas no sean lo suficientemente profundas para utilizar material de fondo de junta se recomienda emplear cinta adhesiva de polietileno. La cinta actúa de película antiadherente que confiere movilidad a la junta y permite que la silicona se expanda.

## Preparación del soporte / imprimación

**Limpieza**  
Sikasil 3180 se aplicará únicamente a superficies limpias, secas, uniformes, sin partículas sueltas, polvo, suciedad, óxido, aceite u otro tipo de impurezas. Las superficies porosas se limpiarán mecánicamente y las no porosas con disolvente. El vidrio se limpiará con agua mezclada con tensioactivos o un disolvente. Los metales se limpiarán también con un disolvente. En este último caso, el disolvente se aplicará con un paño limpio, sin grasa y que no suelte pelusa. Los restos de disolvente se eliminarán con otro paño limpio y seco antes de que se evapore.

Solicite mayor información a nuestro Departamento Técnico.

## Condiciones de aplicación/límites

Temperatura del soporte: 5°C mín. / 40°C máx.  
Temperatura de aplicación del sellador: 5°C mín. / 40°C máx.  
Humedad del soporte: seco

## Modo de aplicación

Método de aplicación/herramientas  
Sikasil 3180 es un producto listo para aplicar. Una vez preparados correctamente la junta y el soporte, se aplicará el sellador y se alisará a continuación utilizando una espátula o un líquido adecuado de alisamiento. Durante la colocación se presionará Sikasil 3180 hacia los lados de las juntas.

## Limpieza de las herramientas

Limpie todas las herramientas y el equipo utilizados con un limpiador Sika inmediatamente después de la aplicación. El material endurecido o vulcanizado tan sólo podrá eliminarse por medios mecánicos.

## Indicaciones sobre el uso/restricciones

Los selladores elásticos no pueden pintarse. Los recubrimientos compatibles con el sellador no podrán cubrir más de 1 mm los lados de las juntas. La compatibilidad deberá ensayarse en cada caso según la norma ASTM C1087.  
Sikasil 3180 es compatible con muchos selladores de silicona vulcanizados. Cuando se utilicen dos o más selladores diferentes deberá esperarse hasta que el primero haya vulcanizado por completo antes de aplicar el siguiente. Sikasil 3180 no debe utilizarse en sistemas de vidrio estructural. En estos casos se recomienda utilizar Sikasil SG-20 o Sikasil SG-500. No está recomendado el uso de Sikasil 3180 en elementos pretensados de poliácrlato y policarbonato por peligro de agrietamiento. Sikasil 3180 no debe utilizarse con la piedras naturales como el mármol, el granito o el cuarzo por peligro de manchar las zonas marginales.



## ANEXO 16

**Table 5.1**  
**Allowable Atmospheric Exposure of**  
**Low-Hydrogen Electrodes**  
**(see 5.3.2.2 and 5.3.2.3)**

Electrode	Column A (hours)	Column B (hours)
<u>A5.1</u>		
E70XX	4 max	
E70XXR	9 max	Over 4 to 10 max
E70XXHZR	9 max	
E7018M	9 max	
<u>A5.5</u>		
E70XX-X	4 max	Over 4 to 10 max
E80XX-X	2 max	Over 2 to 10 max
E90XX-X	1 max	Over 1 to 5 max
E100XX-X	1/2 max	Over 1/2 to 4 max
E110XX-X	1/2 max	Over 1/2 to 4 max

1. Columna A: Los electrodos expuestos a la atmósfera por períodos de tiempo mayores a aquellos mostrados deben ser secados nuevamente antes de su uso.
2. Columna B: Los electrodos expuestos a la atmósfera por períodos de tiempo mayores a aquellos establecidos en los ensayos deben ser secados nuevamente antes de su uso.
3. Los electrodos deben ser distribuidos y mantenidos en bandejas u otros contenedores pequeños abiertos. Los contenedores precalentados no son mandatorios.
4. El indicador opcional suplementario, R, designa al electrodo que fue ensayado por contenido de humedad del recubrimiento luego de exposición a un ambiente húmedo por 9 horas y llegando al nivel máximo de humedad permitido de acuerdo con IRAM-IAS U500-601(ANSI/AWS A5.1-91).

NORMA AWS D1.1

## ANEXO 17

28 SPECIFICATION FOR COVERED CARBON STEEL ARC WELDING ELECTRODES

**Table A1**  
**Typical storage and drying conditions for covered arc welding electrodes**

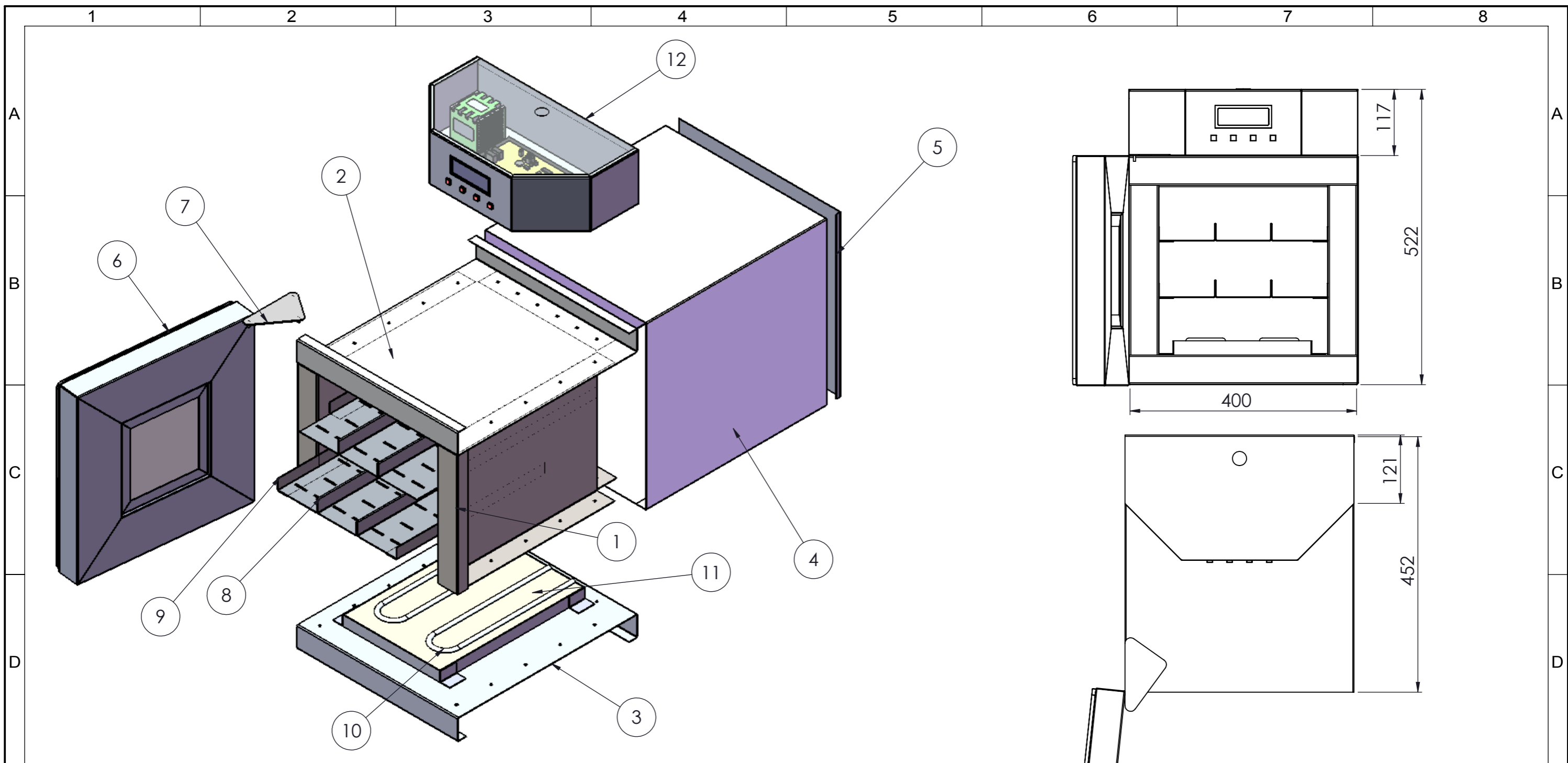
AWS Classifications	Storage conditions*		
	Ambient air	Holding ovens	Drying <sup>a</sup>
E6010, E6011	Ambient temperature	Not recommended	Not recommended
E6012, E6013, E6020, E6022, E6027, E7014, E7024	80 ± 20° F (30 ± 10° C) 50 percent max relative humidity	20° F (10° C) to 40° F (20° C) above ambient temperature	275 ± 25° F (135 ± 15° C) 1 hour at temperature
E7015, E7016, E7018, E7028, E7048	80 ± 20° F (30 ± 10° C) 50 percent max relative humidity	50° F (30° C) to 250° F (140° C) above ambient temperature	475 ± 25° F (245 ± 15° C) 2 hours at temperature

a. Because of inherent differences in manufacturer, the suppliers of these electrodes should be consulted for the exact drying conditions.  
\* After removal from manufacturer's packaging.

**NORMA AWS A5.1-81**

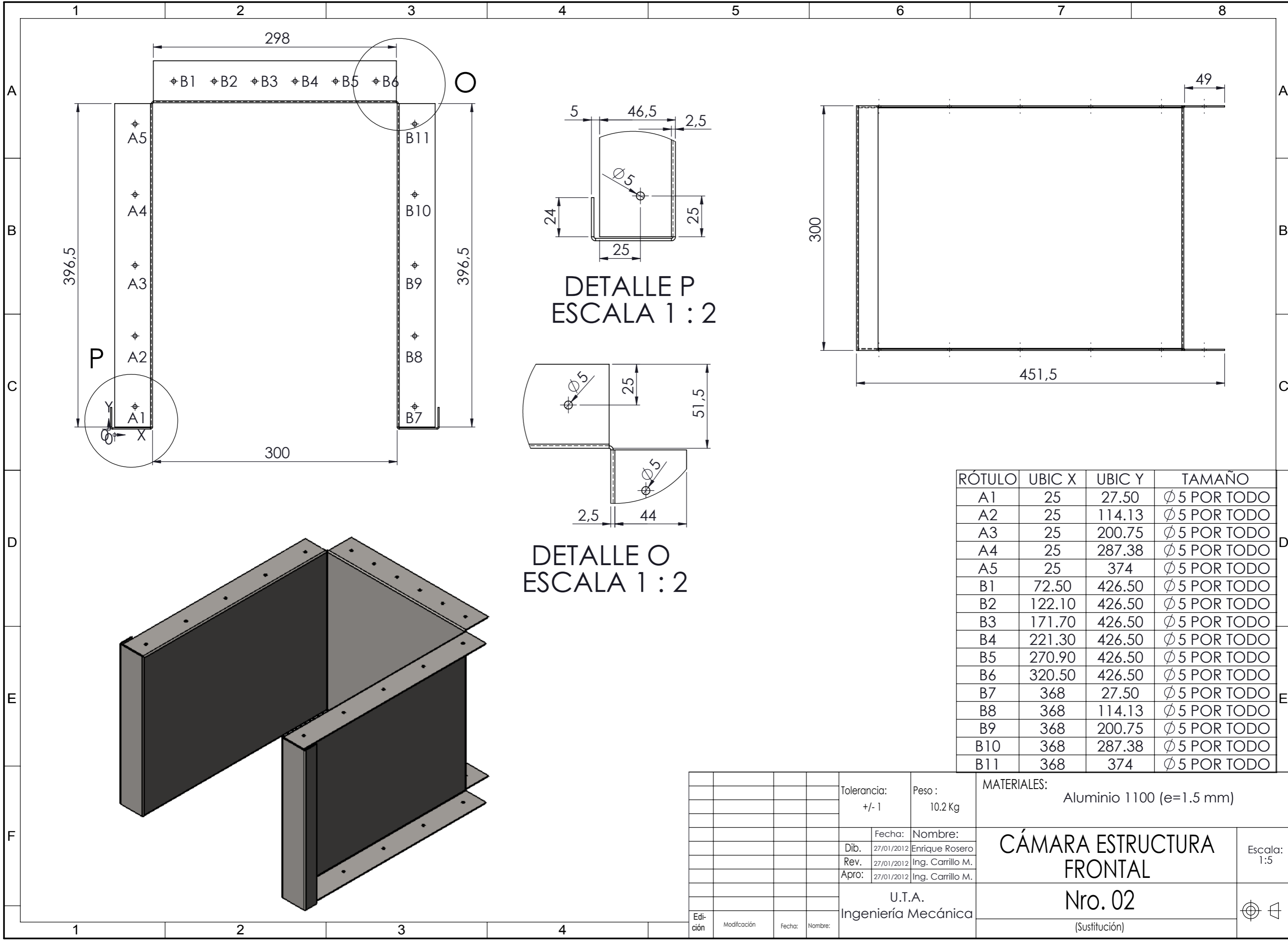
**PLANOS**



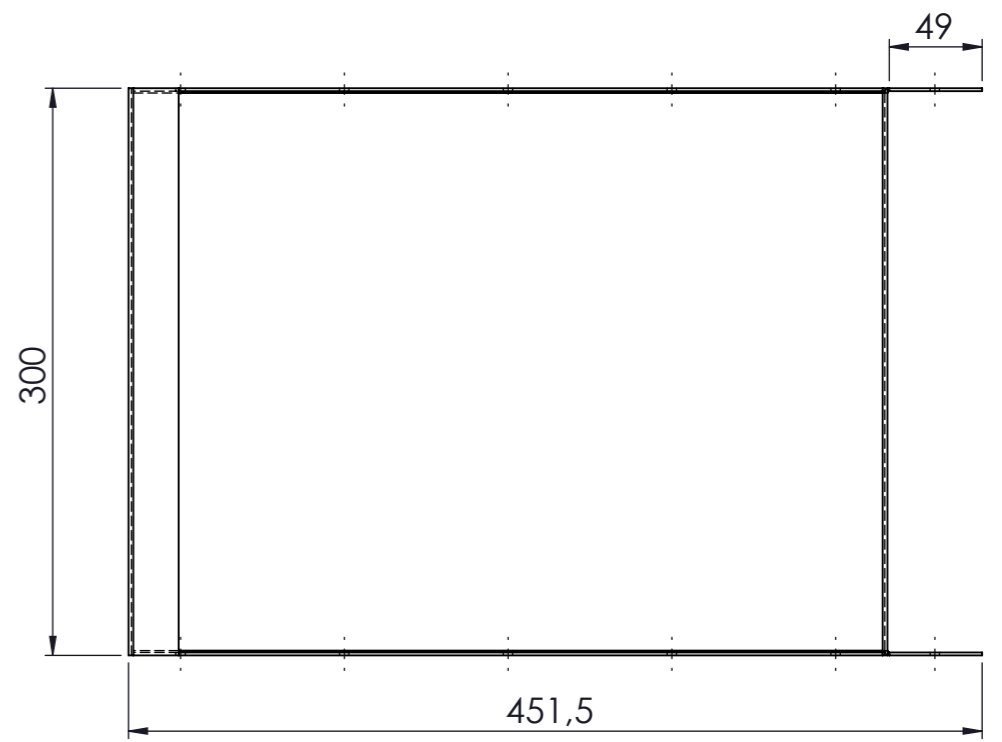
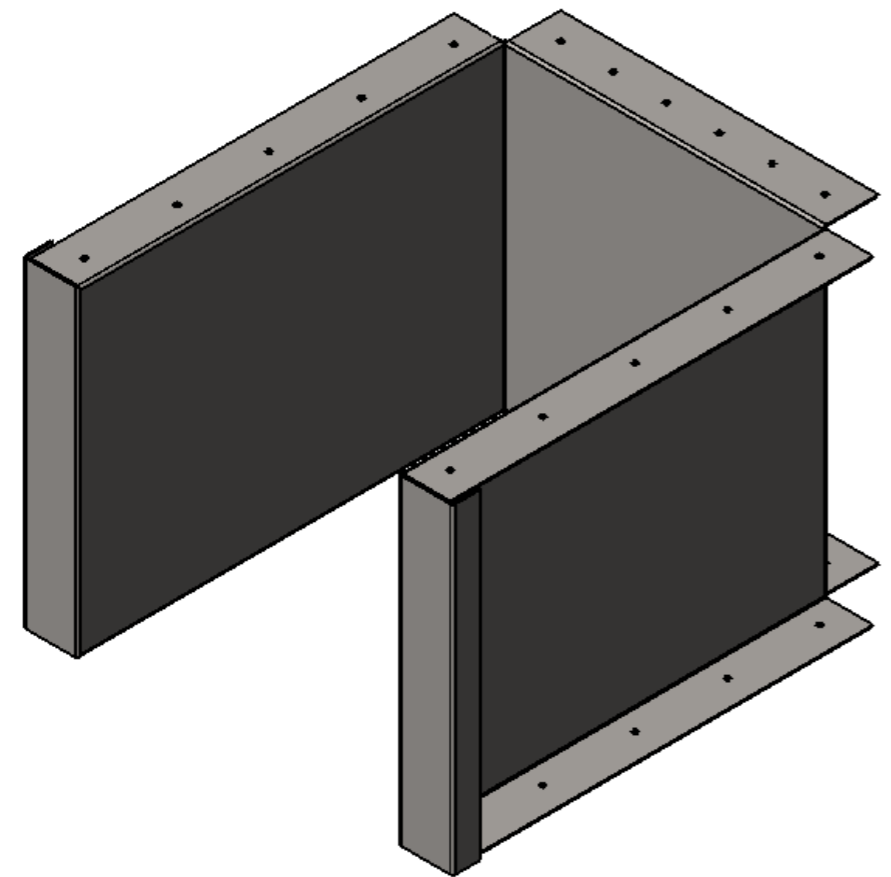
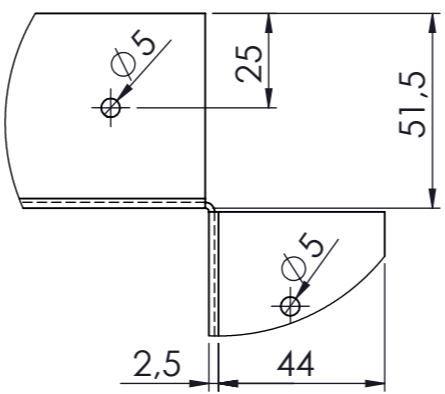


ITEM	NOMBRE ELEMENTO	MATERIAL	CANTIDAD
1	Cámara estructura Frontal	Aluminio 1100	1
2	Cámara estructura Superior	Aluminio 1100	1
3	Cámara estructura Inferior	Aluminio 1100	1
4	Carcaza lateral	Acero galvanizado ASTM 653 CSA	1
5	Tapa de carcaza	Acero galvanizado ASTM 653 CSA	1
6	Puerta	Acero galvanizado ASTM 653 CSA	1
7	Bisagra	Acero A36	2
8	Bandeja	Aluminio 1100	2
9	Angulo soporte de bandeja	Acero Inoxidable AISI 304	3
10	Resistencia eléctrica	Alambre para resistencia # 8	2
11	Soporte de resistencia	Ladrillo refractario	1
12	Carcaza de control	Acero galvanizado ASTM 653 CSA	1

Tolerancia:	Peso:	MATERIALES:
+/- 1	72 Kg	
Fecha:	Nombre:	<b>HORNO DE SECADO DE ELECTODOS REVESTIDOS</b> Escala: 1:5
Dib. 27/01/2012	Enrique Rosero	
Rev. 27/01/2012	Ing. Carrillo M.	
Apro: 27/01/2012	Ing. Carrillo M.	<b>Nro. 01</b> (Sustitución)
Edición	Modificación	
Fecha:	Nombre:	U.T.A. Ingeniería Mecánica

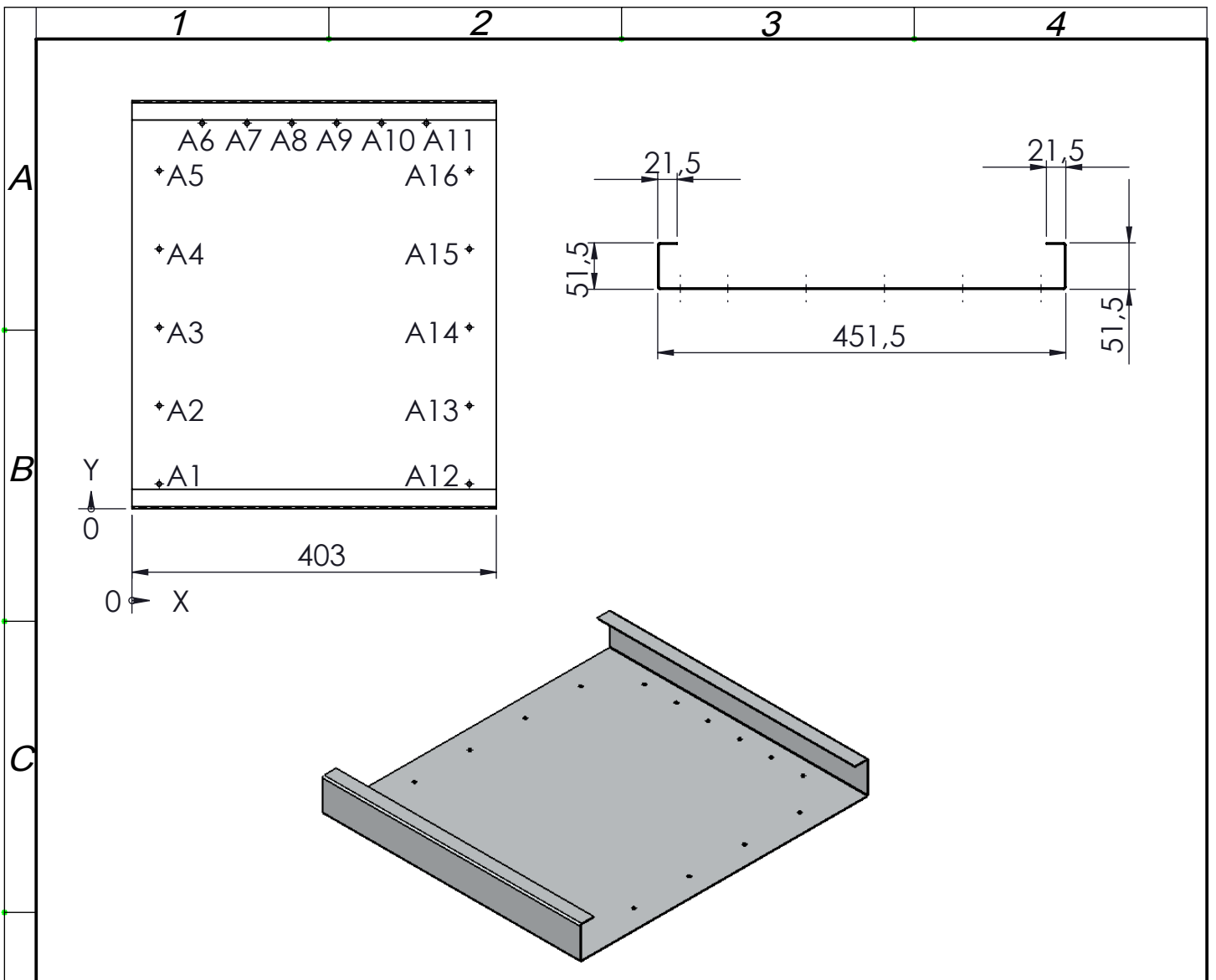


DETALLE P  
ESCALA 1 : 2



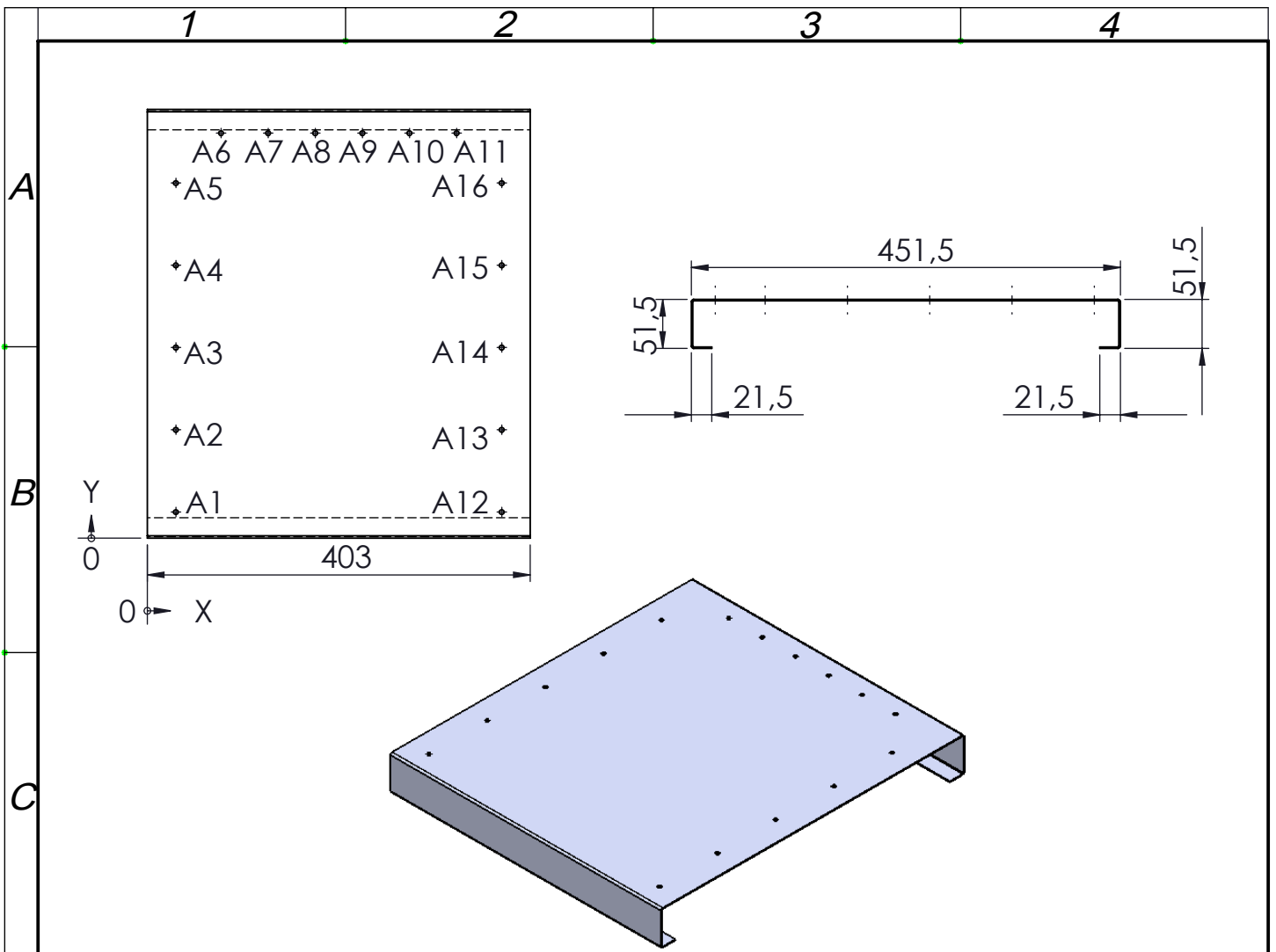
RÓTULO	UBIC X	UBIC Y	TAMAÑO
A1	25	27.50	Ø 5 POR TODO
A2	25	114.13	Ø 5 POR TODO
A3	25	200.75	Ø 5 POR TODO
A4	25	287.38	Ø 5 POR TODO
A5	25	374	Ø 5 POR TODO
B1	72.50	426.50	Ø 5 POR TODO
B2	122.10	426.50	Ø 5 POR TODO
B3	171.70	426.50	Ø 5 POR TODO
B4	221.30	426.50	Ø 5 POR TODO
B5	270.90	426.50	Ø 5 POR TODO
B6	320.50	426.50	Ø 5 POR TODO
B7	368	27.50	Ø 5 POR TODO
B8	368	114.13	Ø 5 POR TODO
B9	368	200.75	Ø 5 POR TODO
B10	368	287.38	Ø 5 POR TODO
B11	368	374	Ø 5 POR TODO

				Tolerancia: +/- 1	Peso: 10.2 Kg	MATERIALES: Aluminio 1100 (e=1.5 mm)	
				Fecha: 27/01/2012	Nombre: Enrique Rosero	<b>CÁMARA ESTRUCTURA FRONTAL</b> <b>Nro. 02</b> (Sustitución)	
				Rev. 27/01/2012	Ing. Carrillo M.		
				Apro: 27/01/2012	Ing. Carrillo M.		
				U.T.A. Ingeniería Mecánica		Escala: 1:5 	
Edi- ción	Modifi- cación	Fecha:	Nombre:				



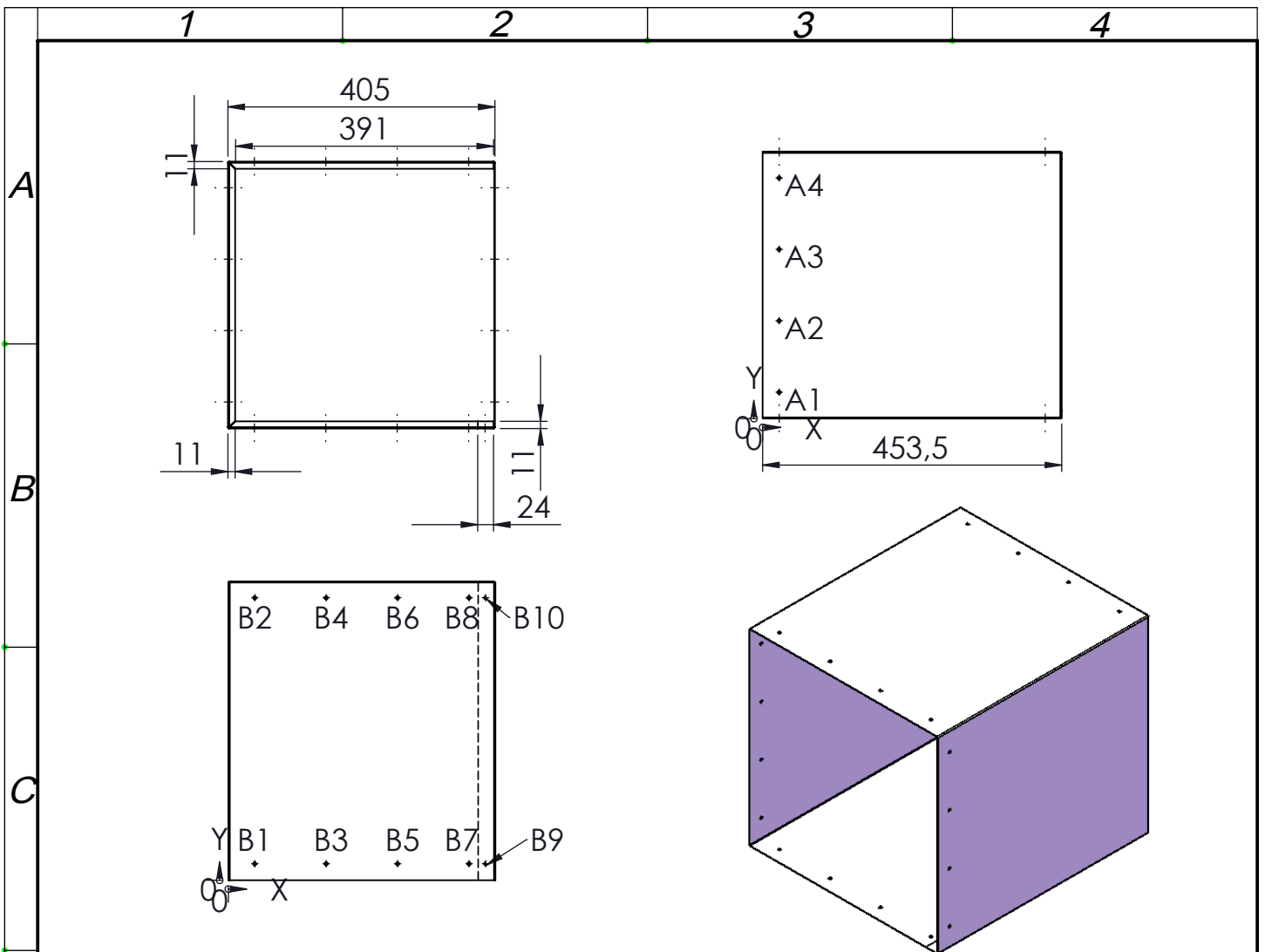
	0	UBIC X	UBIC Y	TAMAÑO
D	A1	30	27.50	Ø 5
	A2	30	114.12	Ø 5
	A3	30	200.75	Ø 5
	A4	30	287.37	Ø 5
	A5	30	374	Ø 5
	A6	77.50	426.50	Ø 5
	A7	127.10	426.50	Ø 5
	A8	176.70	426.50	Ø 5
E	A9	226.30	426.50	Ø 5
	A10	275.90	426.50	Ø 5
	A11	325.50	426.50	Ø 5
	A12	373	27.50	Ø 5
	A13	373	114.12	Ø 5
	A14	373	200.75	Ø 5
	A15	373	287.37	Ø 5
	A16	373	374	Ø 5

				Tolerancia: +/- 1	Peso : 3.1 Kg	MATERIAL: Aluminio 1100 (e=1.5 mm)	
				Fecha: 27/01/2012	Nombre: Enrique Rosero	<b>CÁMARA ESTRUCTURA SUPERIOR</b>  <b>Nro. 03</b> (Sustitución)	
				Dib. 27/01/2012	Ing. Carrillo M.		
				Rev. 27/01/2012	Ing. Carrillo M.		
				Apro: 27/01/2012	Ing. Carrillo M.	Escala: 1:5  	
Edi- ción	Modificación	Fecha:	Nombre:	U.T.A. Ingeniería Mecánica			



RÓTULO	UBIC X	UBIC Y	TAMAÑO
A1	30	27.50	Ø 5
A2	30	114.13	Ø 5
A3	30	200.75	Ø 5
A4	30	287.38	Ø 5
A5	30	374	Ø 5
A6	77.50	426.50	Ø 5
A7	127.10	426.50	Ø 5
A8	176.70	426.50	Ø 5
A9	226.30	426.50	Ø 5
A10	275.90	426.50	Ø 5
A11	325.50	426.50	Ø 5
A12	373	27.50	Ø 5
A13	373	114.13	Ø 5
A14	373	200.75	Ø 5
A15	373	287.38	Ø 5
A16	373	374	Ø 5

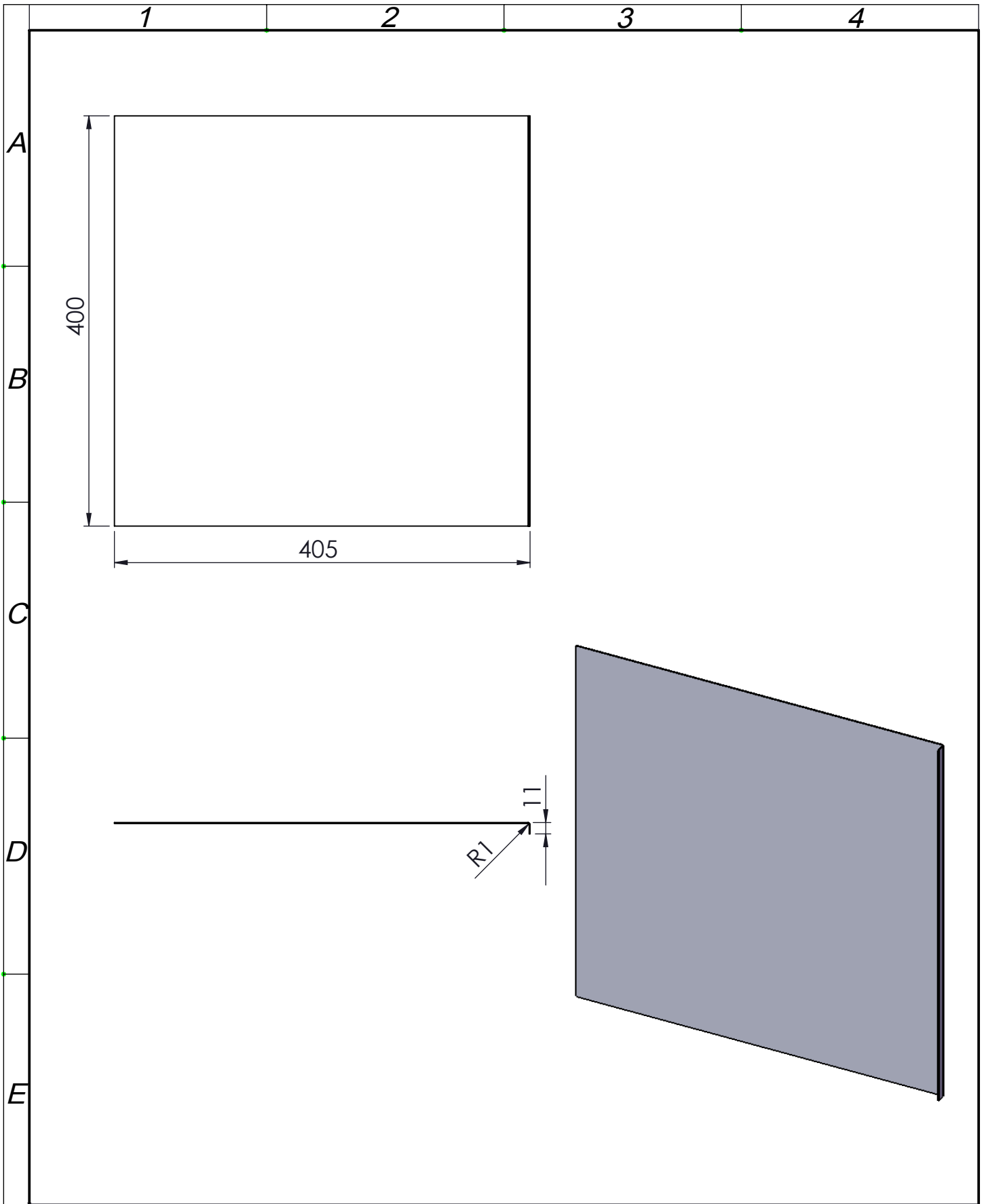
				Tolerancia: +/- 1	Peso : 3.1 Kg	MATERIAL: Aluminio 1100 (e=1.5 mm)	
				Fecha: 27/01/2012	Nombre: Enrique Rosero	<b>CÁMARA ESTRUCTURA INFERIOR</b>  <b>Nro. 04</b> (Sustitución)	
				Dib. 27/01/2012	Ing. Carrillo M.		
				Rev. 27/01/2012	Ing. Carrillo M.		
				Apro: 27/01/2012	Ing. Carrillo M.	Escala: 1:5  	
Edi- ción	Modificación	Fecha:	Nombre:	U.T.A. Ingeniería Mecánica			



RÓTULO	UBIC X	UBIC Y	TAMAÑO
A1	25	40	Ø 5 POR TODO
A2	25	148.33	Ø 5 POR TODO
A3	25	256.67	Ø 5 POR TODO
A4	25	365	Ø 5 POR TODO
B1	40	25	Ø 5 POR TODO
B2	40	428.50	Ø 5 POR TODO
B3	148.33	25	Ø 5 POR TODO
B4	148.33	428.50	Ø 5 POR TODO
B5	256.66	25	Ø 5 POR TODO
B6	256.66	428.50	Ø 5 POR TODO
B7	365	25	Ø 5 POR TODO
B8	365	428.50	Ø 5 POR TODO
B9	390	25	Ø 5 POR TODO
B10	390	428.50	Ø 5 POR TODO

		Tolerancia: +/- 1	Peso : 4.5 Kg	MATERIAL: Acero Galvanizado ASTM 653 CSA (1 mm)	
		Fecha: 27/01/2012	Nombre: Enrique Rosero	Carcaza Lateral	
		Rev. 27/01/2012	Ing. Carrillo M.		
		Apro: 27/01/2012	Ing. Carrillo M.		
		U.T.A. Ingeniería Mecánica		Nro. 05 (Sustitución)	
Edi- ción	Modifi- cación	Fecha:	Nombre:	Escala: 1:5	

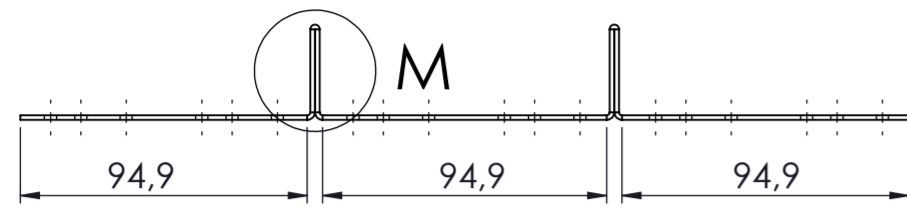




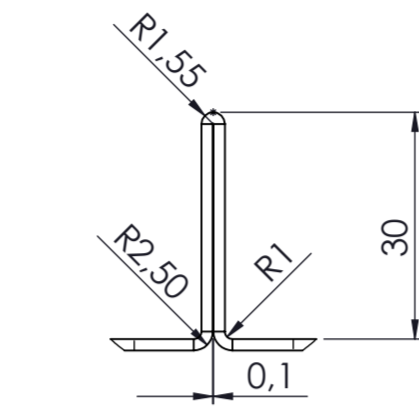
				Tolerancia: +/- 1	Peso : 2.1 Kg	MATERIAL: Acero Galvanizado ASTM 653 CSA (1 mm)		
						Tapa de carcaza	Escala: 1:5	
				Dib.	Fecha: 27/01/2012			Nombre: Enrique Rosero
				Rev.	27/01/2012			Ing. Carrillo M.
				Apro:	27/01/2012	Ing. Carrillo M.		
				U.T.A. Ingeniería Mecánica		Nro. 06 (Sustitución)		
Edi- ción	Modificación	Fecha:	Nombre:					

1 2 3 4 5 6 7 8

A

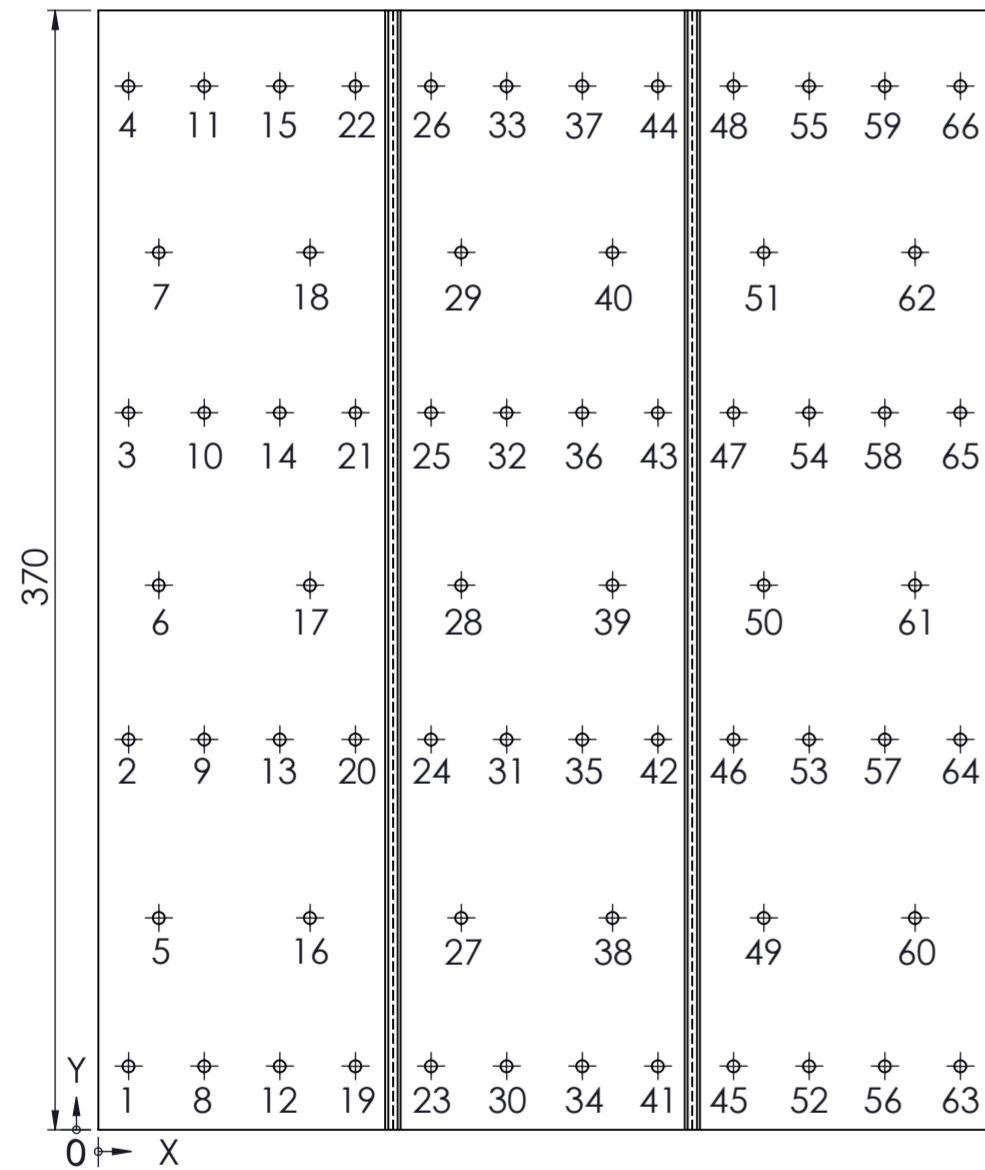


B

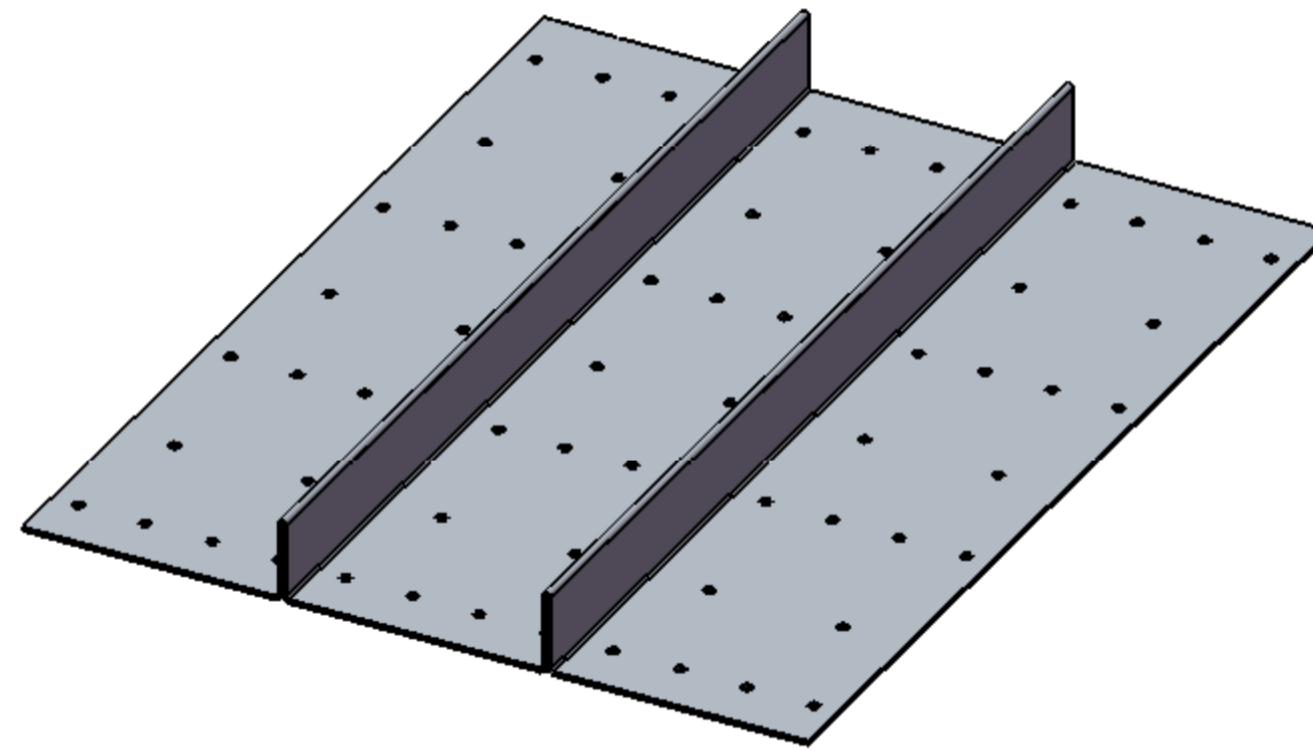


DETALLE M  
ESCALA 1 : 1

C



D



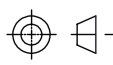
E

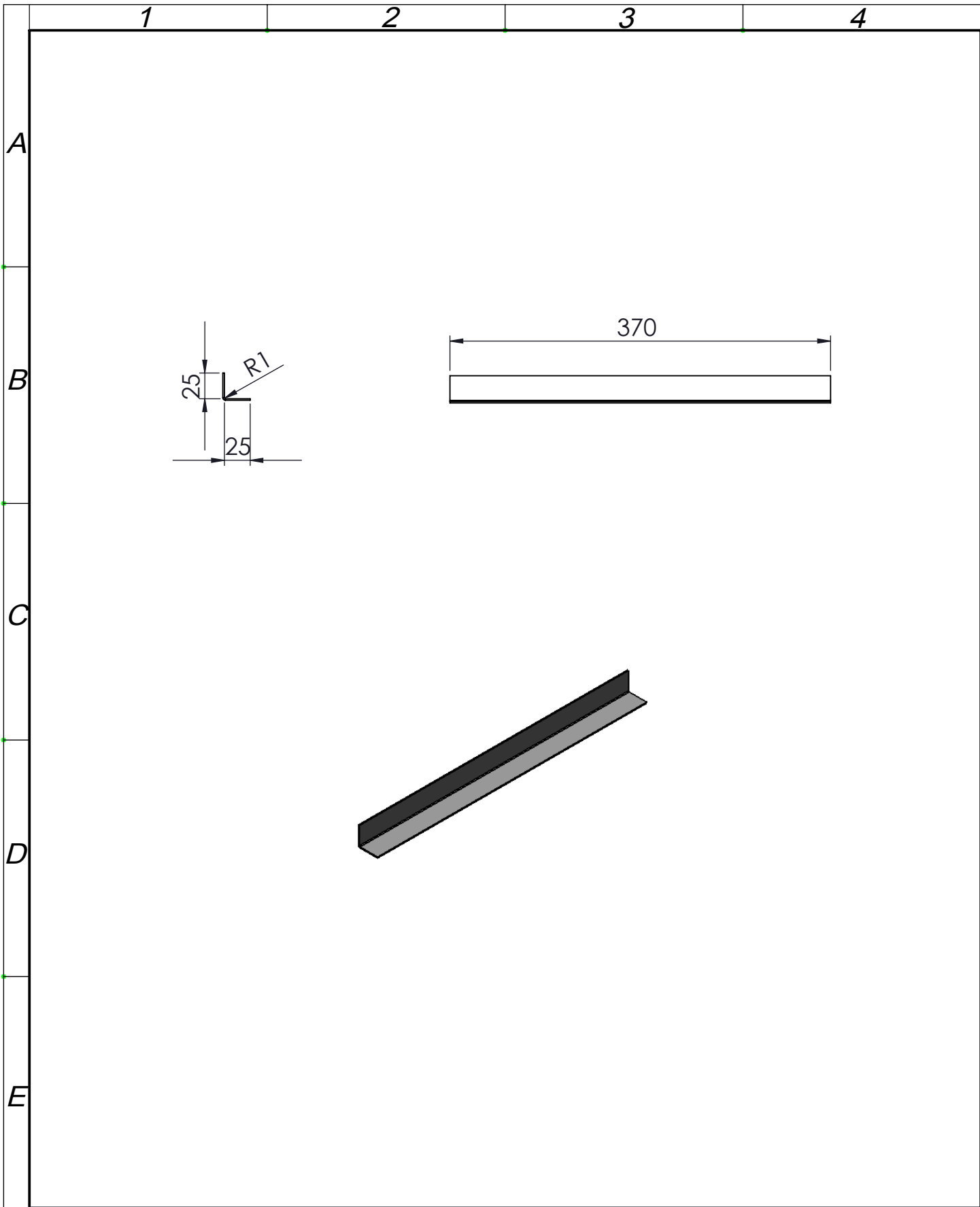
RÓTULO	UBIC X	UBIC Y	TAMAÑO
1	10	21	Ø 4 POR TODO
2	10	129	Ø 4 POR TODO
3	10	237	Ø 4 POR TODO
4	10	345	Ø 4 POR TODO
5	20	70	Ø 4 POR TODO
6	20	180	Ø 4 POR TODO
7	20	290	Ø 4 POR TODO
8	35	21	Ø 4 POR TODO
9	35	129	Ø 4 POR TODO
10	35	237	Ø 4 POR TODO
11	35	345	Ø 4 POR TODO
12	60	21	Ø 4 POR TODO
13	60	129	Ø 4 POR TODO
14	60	237	Ø 4 POR TODO
15	60	345	Ø 4 POR TODO
16	70	70	Ø 4 POR TODO
17	70	180	Ø 4 POR TODO
18	70	290	Ø 4 POR TODO
19	85	21	Ø 4 POR TODO
20	85	129	Ø 4 POR TODO
21	85	237	Ø 4 POR TODO
22	85	345	Ø 4 POR TODO
23	110	21	Ø 4 POR TODO
24	110	129	Ø 4 POR TODO
25	110	237	Ø 4 POR TODO
26	110	345	Ø 4 POR TODO
27	120	70	Ø 4 POR TODO
28	120	180	Ø 4 POR TODO
29	120	290	Ø 4 POR TODO
30	135	21	Ø 4 POR TODO
31	135	129	Ø 4 POR TODO
32	135	237	Ø 4 POR TODO
33	135	345	Ø 4 POR TODO
34	160	21	Ø 4 POR TODO
35	160	129	Ø 4 POR TODO
36	160	237	Ø 4 POR TODO
37	160	345	Ø 4 POR TODO
38	170	70	Ø 4 POR TODO
39	170	180	Ø 4 POR TODO
40	170	290	Ø 4 POR TODO
41	185	21	Ø 4 POR TODO
42	185	129	Ø 4 POR TODO
43	185	237	Ø 4 POR TODO
44	185	345	Ø 4 POR TODO
45	210	21	Ø 4 POR TODO
46	210	129	Ø 4 POR TODO
47	210	237	Ø 4 POR TODO
48	210	345	Ø 4 POR TODO
49	220	70	Ø 4 POR TODO
50	220	180	Ø 4 POR TODO
51	220	290	Ø 4 POR TODO
52	235	21	Ø 4 POR TODO
53	235	129	Ø 4 POR TODO
54	235	237	Ø 4 POR TODO
55	235	345	Ø 4 POR TODO
56	260	21	Ø 4 POR TODO
57	260	129	Ø 4 POR TODO
58	260	237	Ø 4 POR TODO
59	260	345	Ø 4 POR TODO
60	270	70	Ø 4 POR TODO
61	270	180	Ø 4 POR TODO
62	270	290	Ø 4 POR TODO
63	285	21	Ø 4 POR TODO
64	285	129	Ø 4 POR TODO
65	285	237	Ø 4 POR TODO
66	285	345	Ø 4 POR TODO

F

Tolerancia: +/- 1	Peso : 1.8 kg	MATERIALES: ALUMINIO 1100 (e=1.5mm)
Fecha: 27/01/2012	Nombre: Enrique Rosero	BANDEJA
Rev. 27/01/2012	Ing. Carrillo M.	
Apro: 27/01/2012	Ing. Carrillo M.	
U.T.A. Ingeniería Mecánica		Nro. 07 (Sustitución)
Modificación	Fecha	Nombre

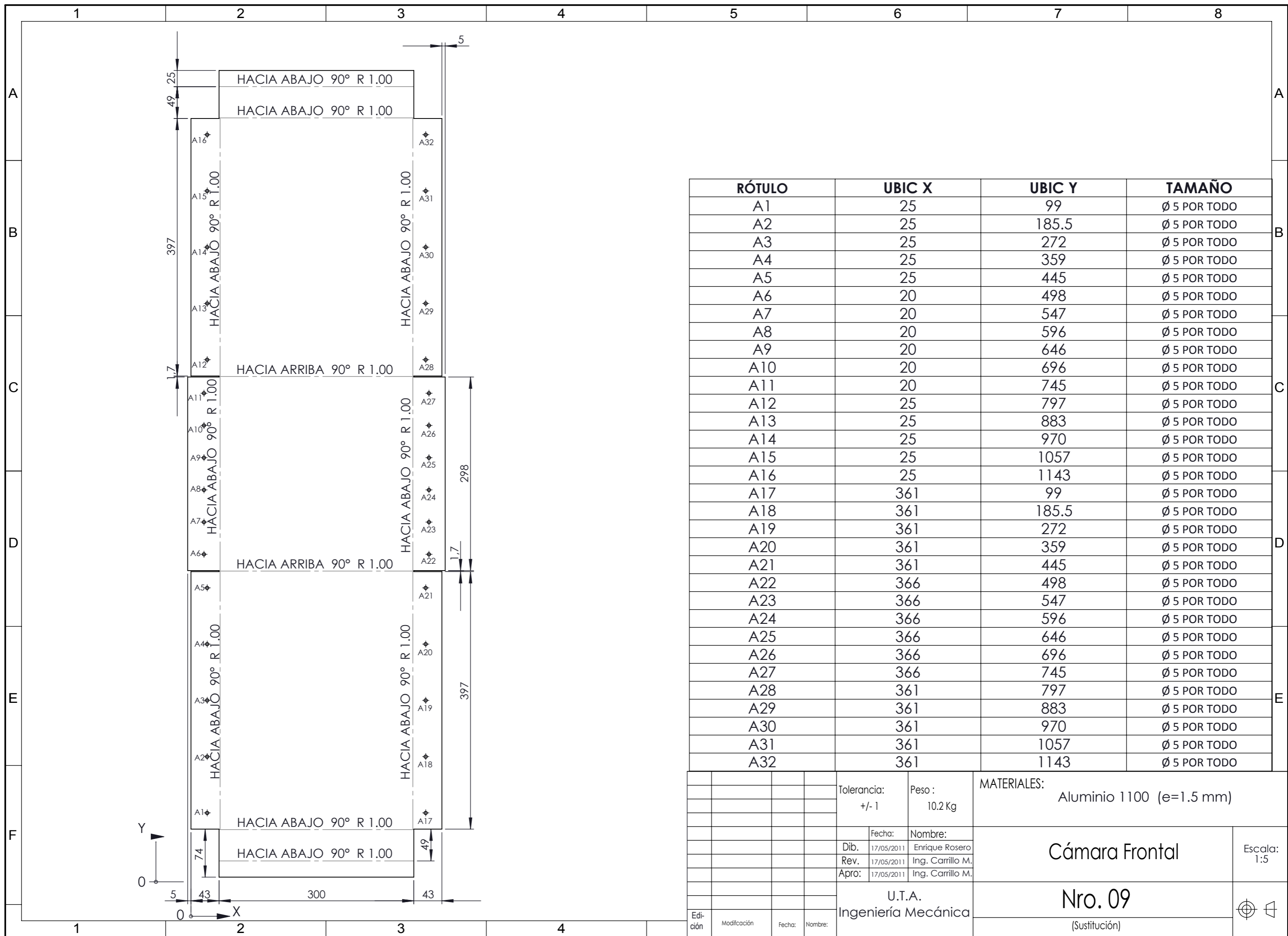
Escala:  
1:2.5





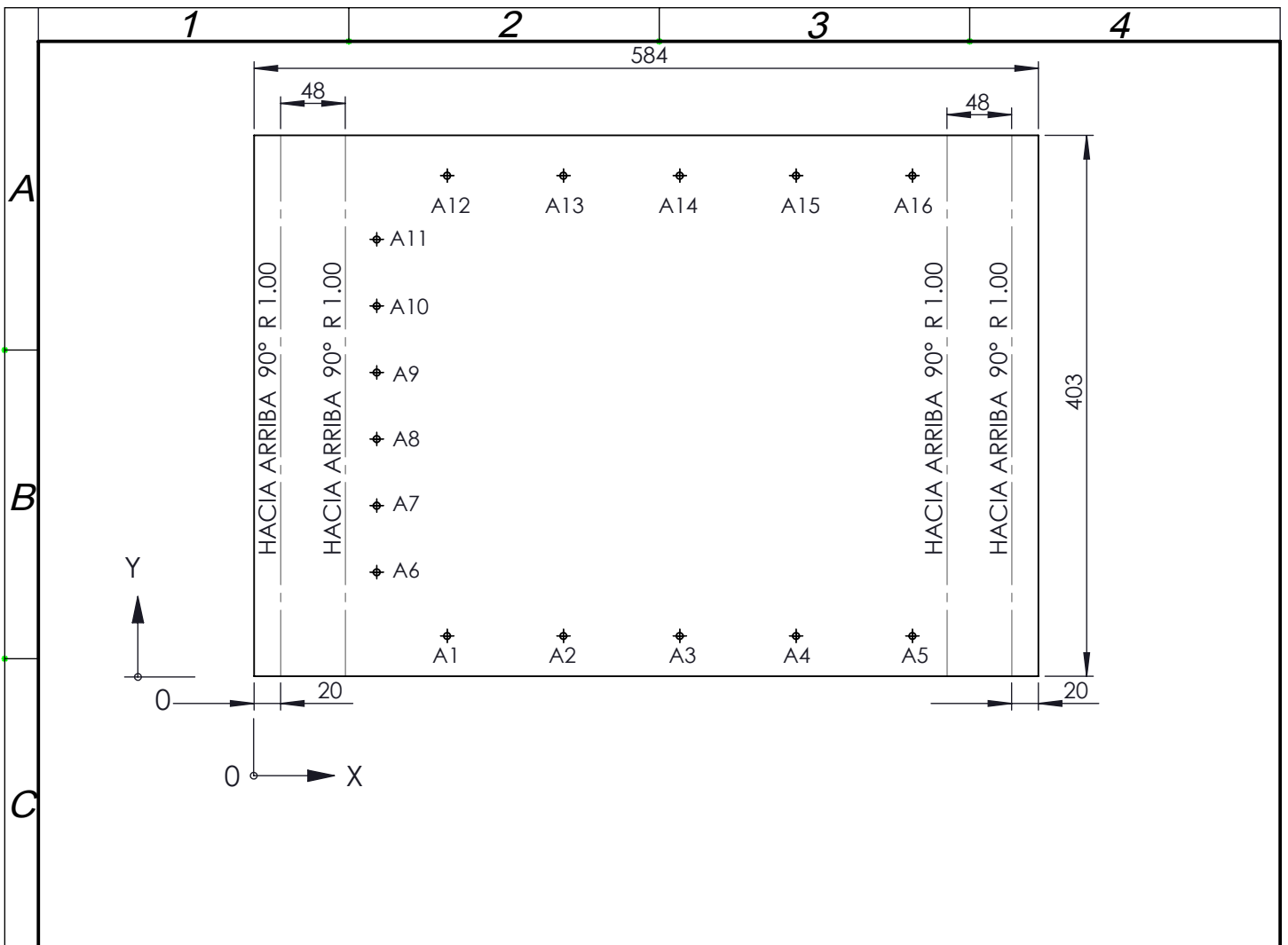
				Tolerancia: +/- 1	Peso : 0.4 Kg	MATERIAL: Acero Inoxidable AISI 304 (1.5 mm)	
					Fecha:	Nombre:	Ángulo soporte de bandeja
				Dib.	27/01/2012	Enrique Rosero	
				Rev.	27/01/2012	Ing. Carrillo M.	
				Apro:	27/01/2012	Ing. Carrillo M.	Escala: 1:5
				U.T.A. Ingeniería Mecánica		Nro. 08	
Edi- ción	Modificación	Fecha:	Nombre:	(Sustitución)			





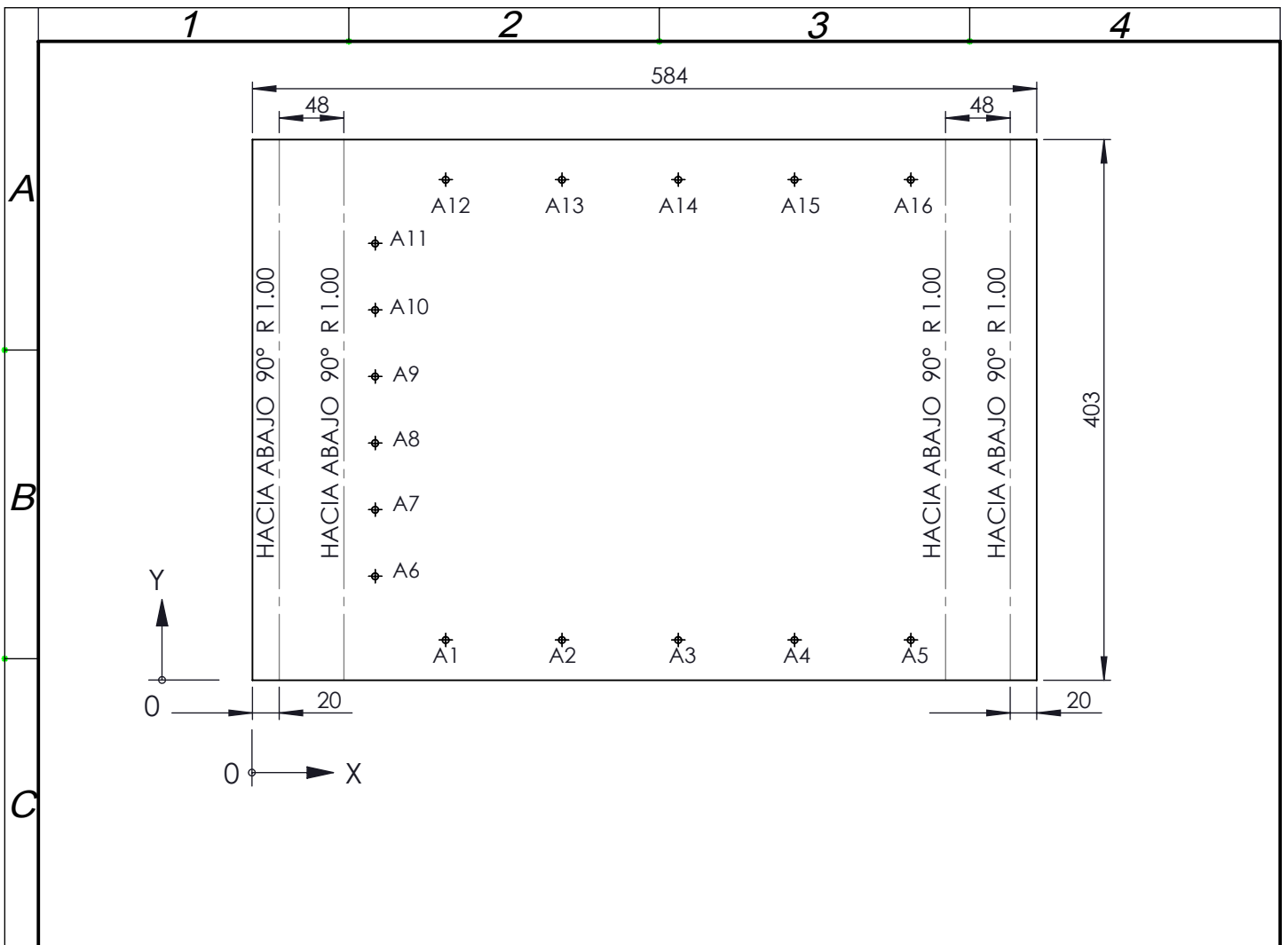
RÓTULO	UBIC X	UBIC Y	TAMAÑO
A1	25	99	Ø 5 POR TODO
A2	25	185.5	Ø 5 POR TODO
A3	25	272	Ø 5 POR TODO
A4	25	359	Ø 5 POR TODO
A5	25	445	Ø 5 POR TODO
A6	20	498	Ø 5 POR TODO
A7	20	547	Ø 5 POR TODO
A8	20	596	Ø 5 POR TODO
A9	20	646	Ø 5 POR TODO
A10	20	696	Ø 5 POR TODO
A11	20	745	Ø 5 POR TODO
A12	25	797	Ø 5 POR TODO
A13	25	883	Ø 5 POR TODO
A14	25	970	Ø 5 POR TODO
A15	25	1057	Ø 5 POR TODO
A16	25	1143	Ø 5 POR TODO
A17	361	99	Ø 5 POR TODO
A18	361	185.5	Ø 5 POR TODO
A19	361	272	Ø 5 POR TODO
A20	361	359	Ø 5 POR TODO
A21	361	445	Ø 5 POR TODO
A22	366	498	Ø 5 POR TODO
A23	366	547	Ø 5 POR TODO
A24	366	596	Ø 5 POR TODO
A25	366	646	Ø 5 POR TODO
A26	366	696	Ø 5 POR TODO
A27	366	745	Ø 5 POR TODO
A28	361	797	Ø 5 POR TODO
A29	361	883	Ø 5 POR TODO
A30	361	970	Ø 5 POR TODO
A31	361	1057	Ø 5 POR TODO
A32	361	1143	Ø 5 POR TODO

Tolerancia: +/- 1		Peso: 10.2 Kg		MATERIALES: Aluminio 1100 (e=1.5 mm)		
Fecha: 17/05/2011		Nombre: Enrique Rosero		Cámara Frontal		
Rev: 17/05/2011		Ing. Carrillo M.				
Apro: 17/05/2011		Ing. Carrillo M.				
U.T.A. Ingeniería Mecánica		Nro. 09		Escala: 1:5		
(Sustitución)						
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			



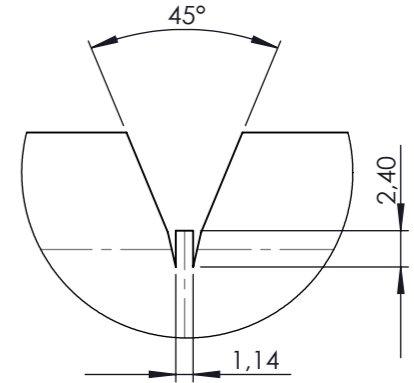
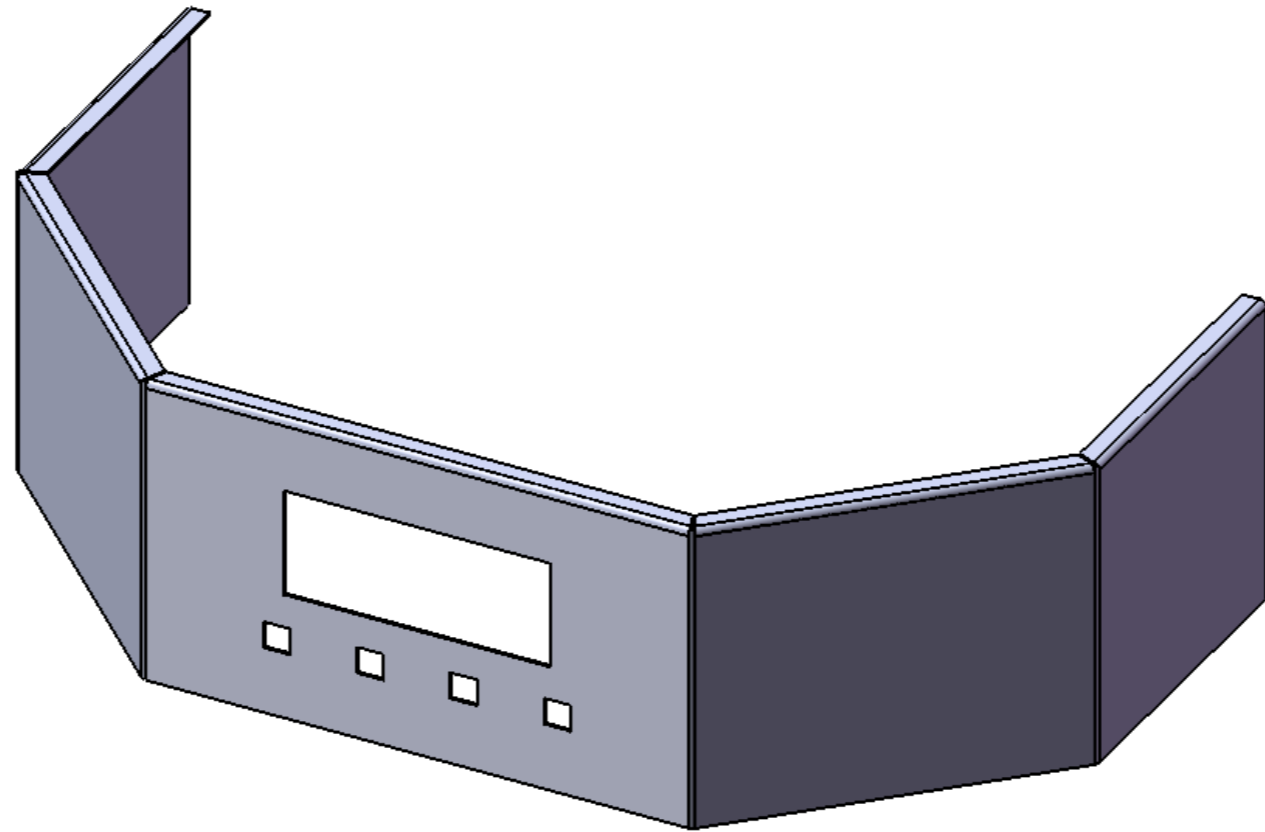
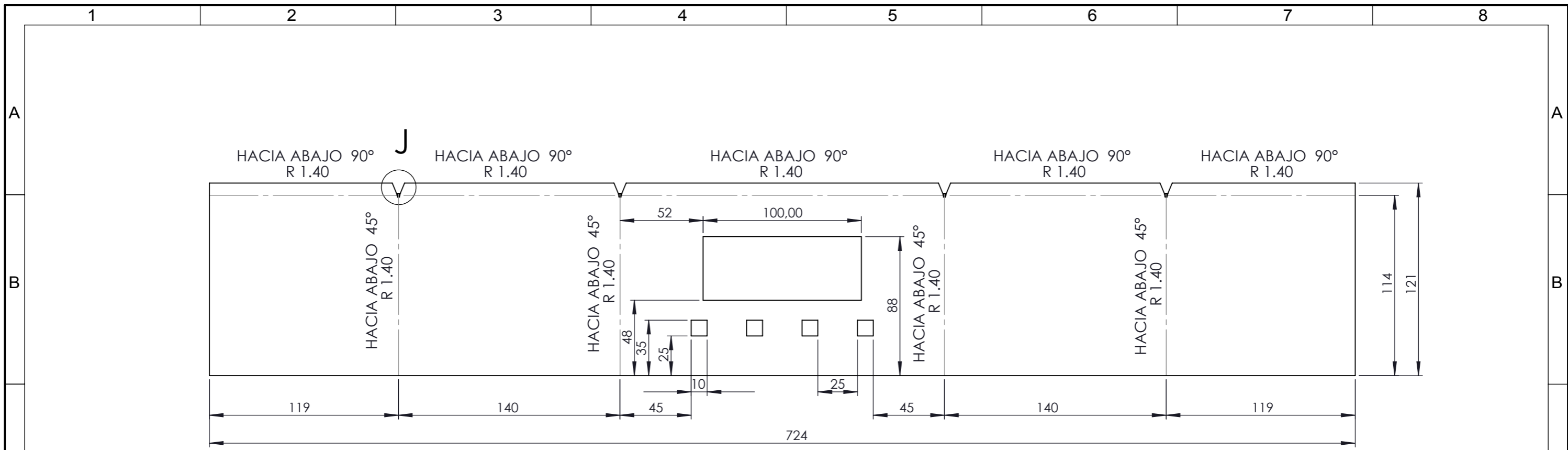
RÓTULO	UBIC X	UBIC Y	TAMAÑO
A1	144	30	Ø 5 POR TODO
A2	230	30	Ø 5 POR TODO
A3	317	30	Ø 5 POR TODO
A4	404	30	Ø 5 POR TODO
A5	490	30	Ø 5 POR TODO
A6	91	78	Ø 5 POR TODO
A7	91	127	Ø 5 POR TODO
A8	91	177	Ø 5 POR TODO
A9	91	226	Ø 5 POR TODO
A10	91	276	Ø 5 POR TODO
A11	91	326	Ø 5 POR TODO
A12	144	373	Ø 5 POR TODO
A13	230	373	Ø 5 POR TODO
A14	317	373	Ø 5 POR TODO
A15	404	373	Ø 5 POR TODO
A16	490	373	Ø 5 POR TODO

				Tolerancia: +/- 1	Peso : 4.5 Kg	MATERIAL: Aluminio (1.5 mm)		
				Fecha: 27/01/2012	Nombre: Enrique Rosero	Cámara Superior		
				Rev. 27/01/2012	Ing. Carrillo M.			
				Apro: 27/01/2012	Ing. Carrillo M.			
				U.T.A. Ingeniería Mecánica		Nro. 10 (Sustitución)		
Edi- ción	Modifi- cación	Fecha:	Nombre:					Escala: 1:5



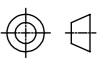
RÓTULO	UBIC X	UBIC Y	TAMAÑO
A1	144	30	Ø 5 POR TODO
A2	230	30	Ø 5 POR TODO
A3	317	30	Ø 5 POR TODO
A4	404	30	Ø 5 POR TODO
A5	490	30	Ø 5 POR TODO
A6	91	78	Ø 5 POR TODO
A7	91	127	Ø 5 POR TODO
A8	91	177	Ø 5 POR TODO
A9	91	226	Ø 5 POR TODO
A10	91	276	Ø 5 POR TODO
A11	91	326	Ø 5 POR TODO
A12	144	373	Ø 5 POR TODO
A13	230	373	Ø 5 POR TODO
A14	317	373	Ø 5 POR TODO
A15	404	373	Ø 5 POR TODO
A16	490	373	Ø 5 POR TODO

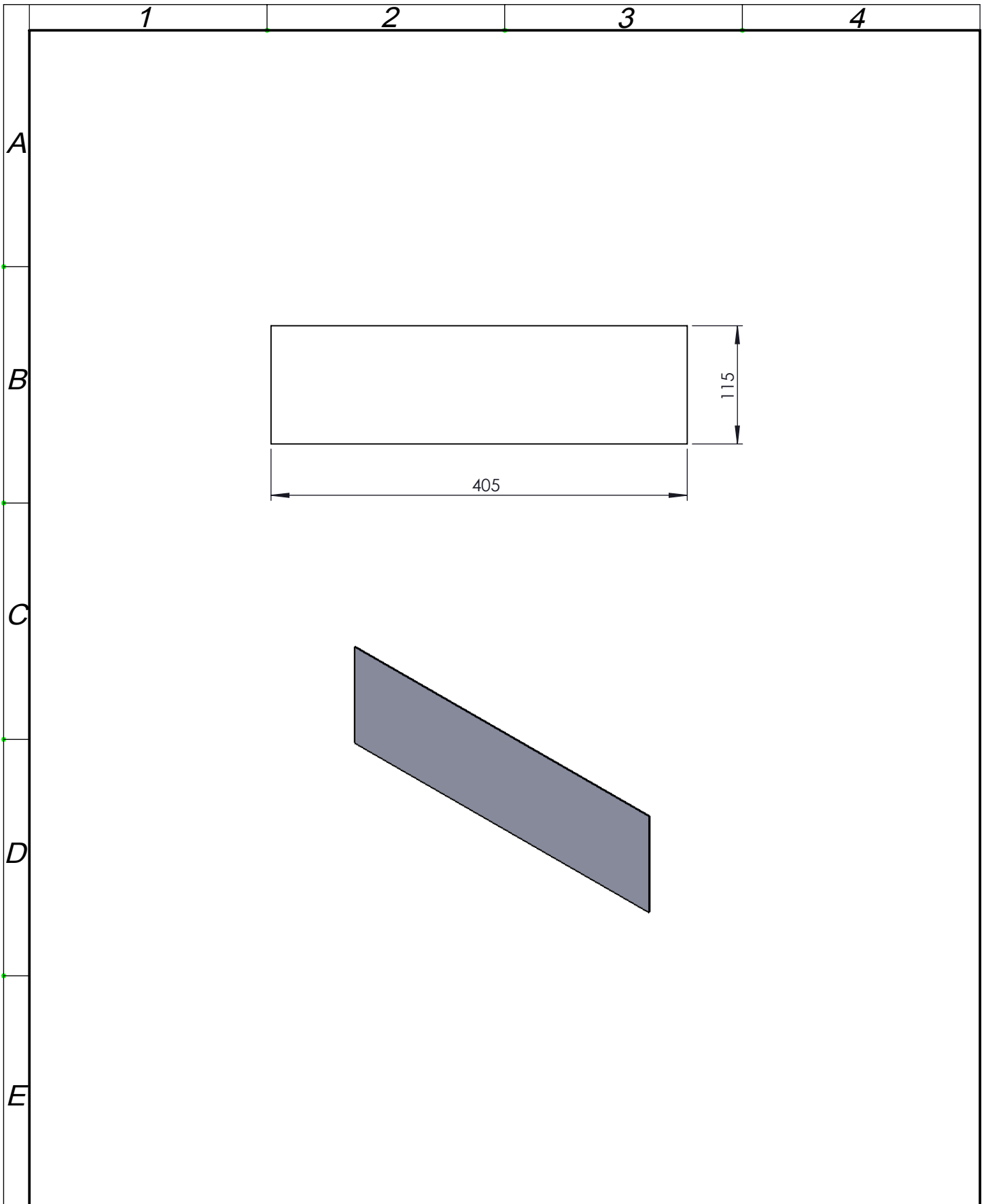
				Tolerancia: +/- 1	Peso : 4.5 Kg	MATERIAL: Aluminio (1.5 mm)	
				Fecha: 27/01/2012	Nombre: Enrique Rosero	Cámara Inferior	
				Rev. 27/01/2012	Ing. Carrillo M.		
				Apro: 27/01/2012	Ing. Carrillo M.		
				U.T.A. Ingeniería Mecánica		Nro. 11	
Edi- ción	Modifi- cación	Fecha:	Nombre:			Escala: 1:5	
						(Sustitución)	



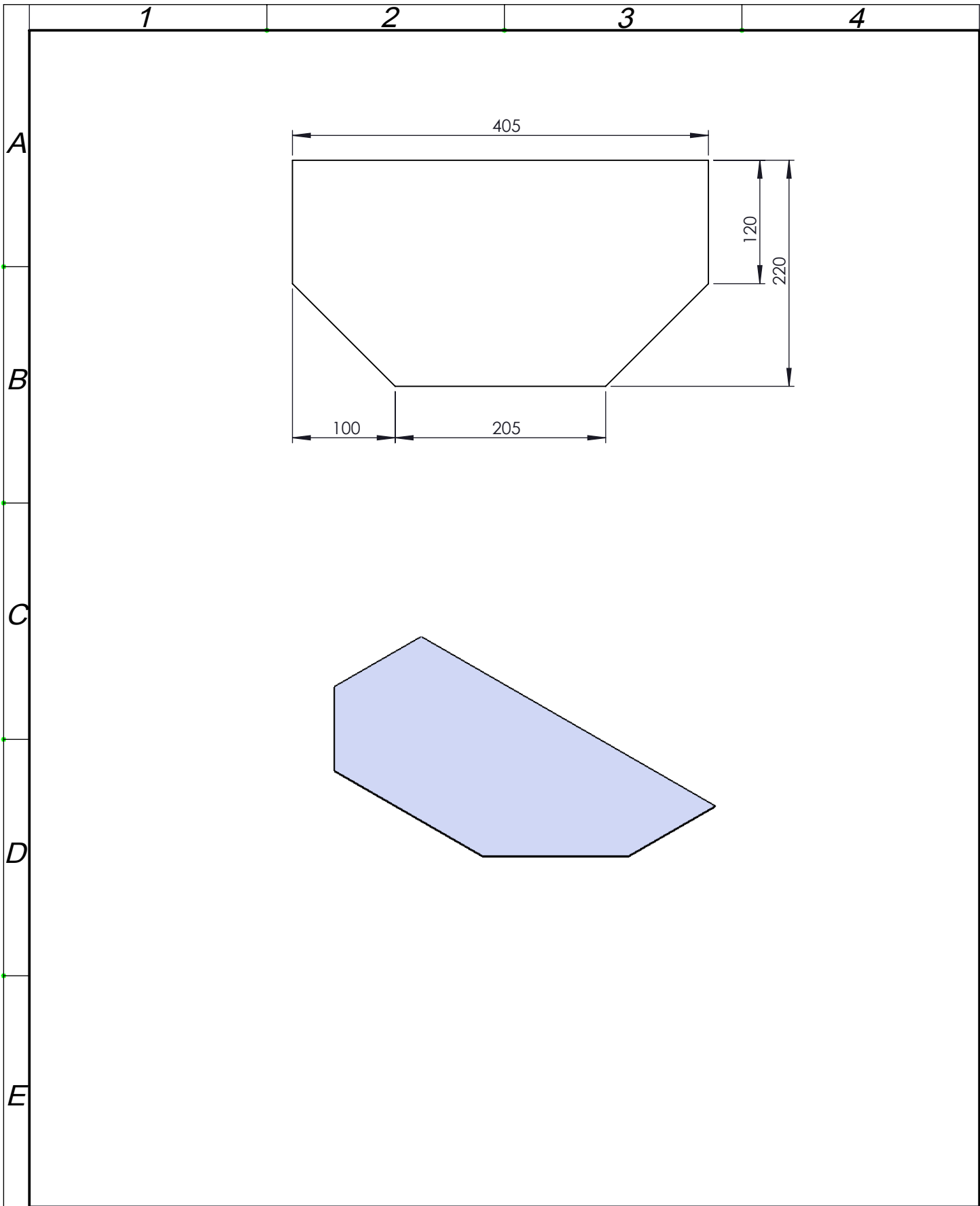
DETALLE J  
ESCALA 2 : 1

				Tolerancia: +/- 1	Peso: 4.3 Kg	MATERIALES: Acero galvanizado ASTM 653 CSA	
				Fecha:	Nombre:	Frente carcasa de control	
				Dib. 17/05/2011	Enrique Rosero		
				Rev. 17/05/2011	Ing. Carrillo M.		
				Apro: 17/05/2011	Ing. Carrillo M.	Nro. 12	
				U.T.A. Ingeniería Mecánica			
Edición	Modificación	Fecha:	Nombre:				Escala: 1:2.5
							(Sustitución)



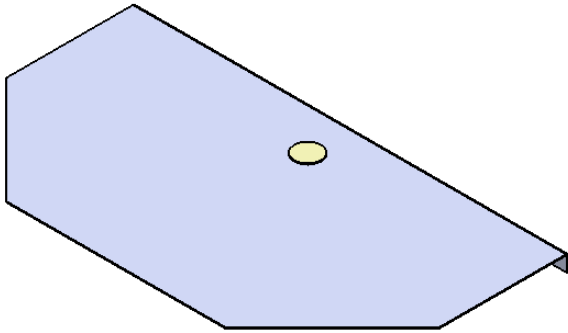
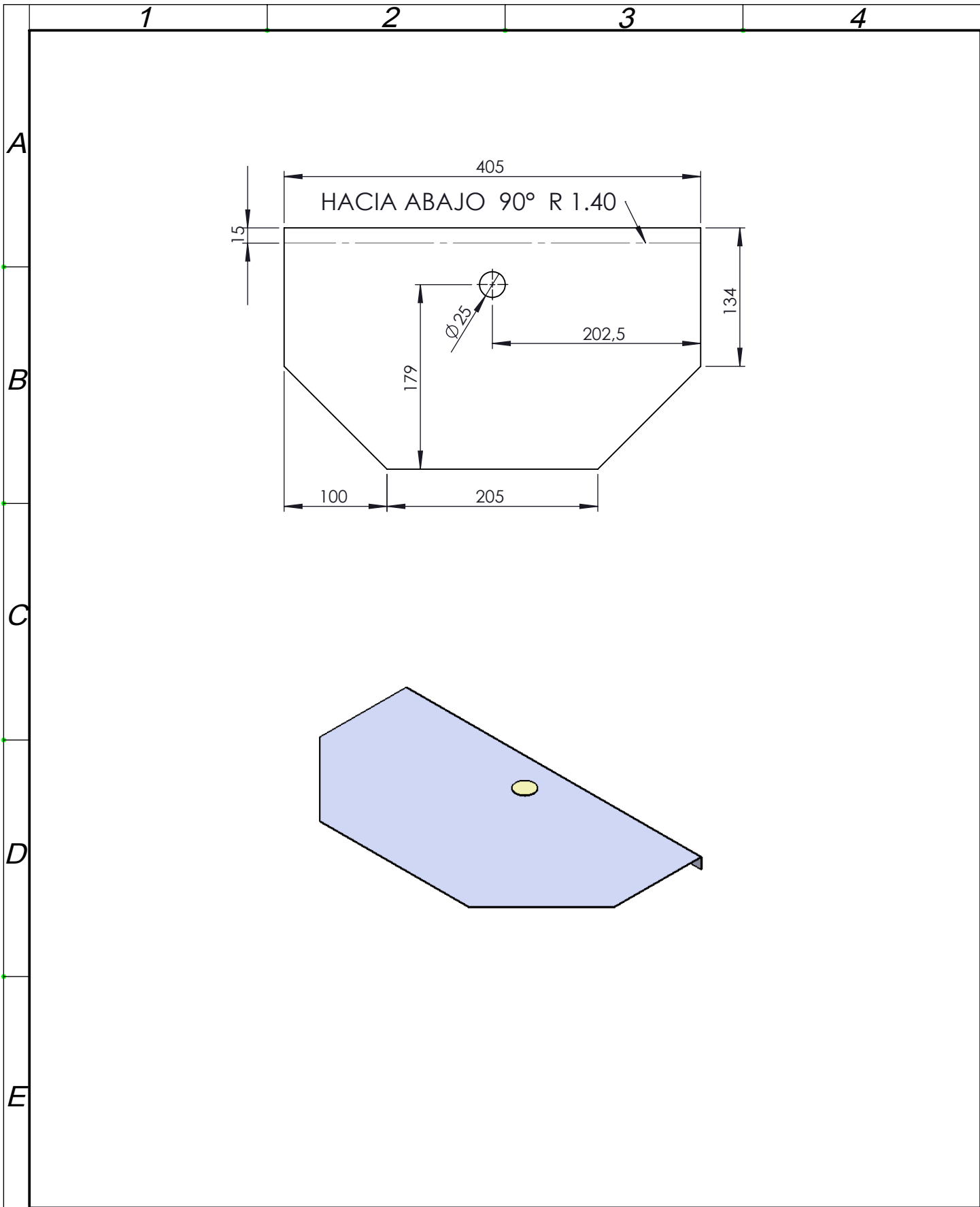


				Tolerancia: +/- 1	Peso : 0.7 Kg	MATERIAL: Acero Galvanizado ASTM 653 CSA (1 mm)	
					Fecha:	Nombre:	Tapa posterior de carcaza de control
				Dib.	27/01/2012	Enrique Rosero	
				Rev.	27/01/2012	Ing. Carrillo M.	
				Apro:	27/01/2012	Ing. Carrillo M.	Escala: 1:5
				U.T.A. Ingeniería Mecánica		Nro. 13	
Edi- ción	Modificación	Fecha:	Nombre:	(Sustitución)			

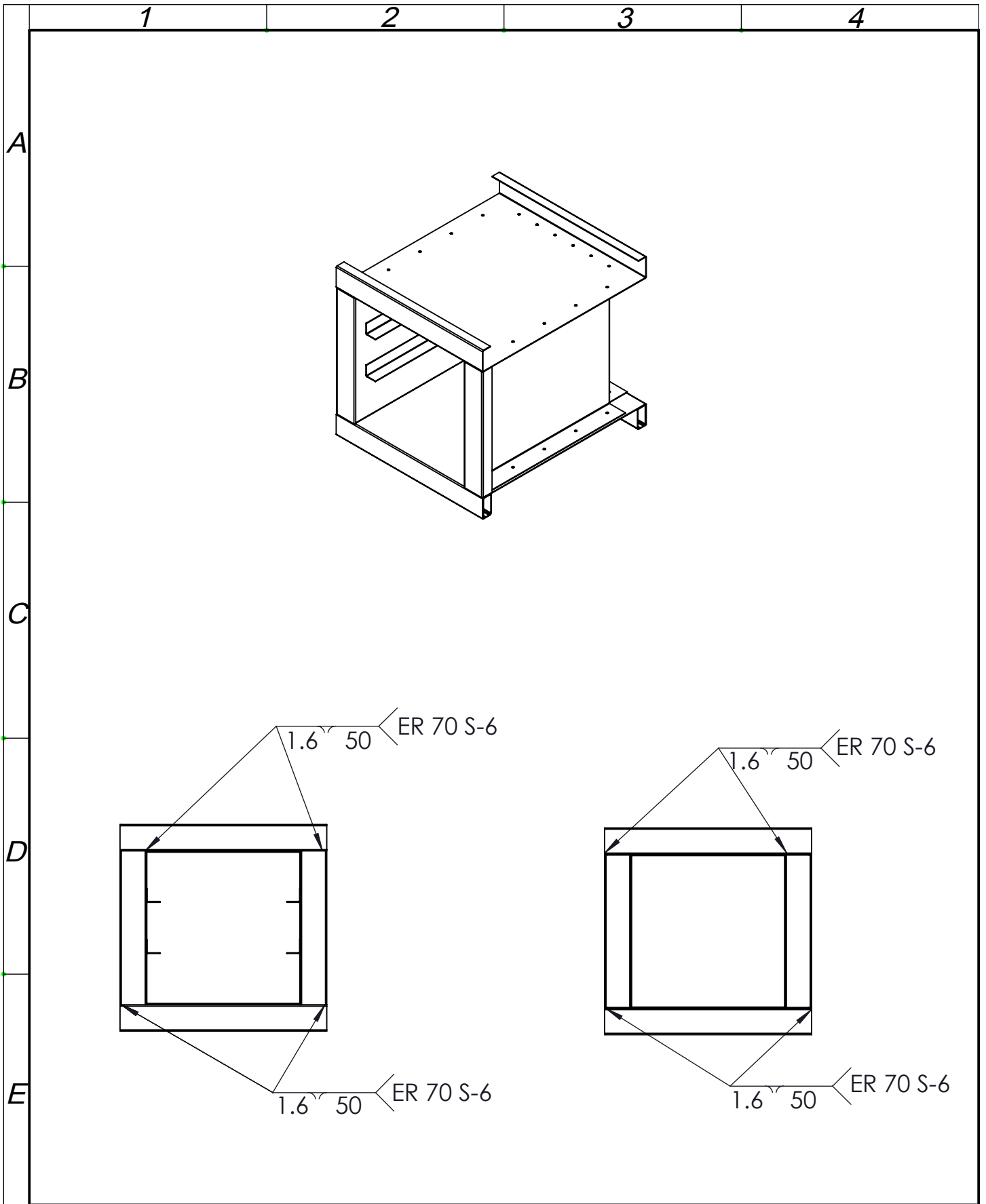


				Tolerancia: +/- 1	Peso : 0.8 Kg	MATERIAL: Acero Galvanizado ASTM 653 CSA (1 mm)	
					Fecha:	Nombre:	Tapa inferior de carcaza de control
				Dib.	27/01/2012	Enrique Rosero	
				Rev.	27/01/2012	Ing. Carrillo M.	
				Apro:	27/01/2012	Ing. Carrillo M.	Escala: 1:5
				U.T.A. Ingeniería Mecánica		Nro. 14	
Edi- ción	Modificación	Fecha:	Nombre:			(Sustitución)	



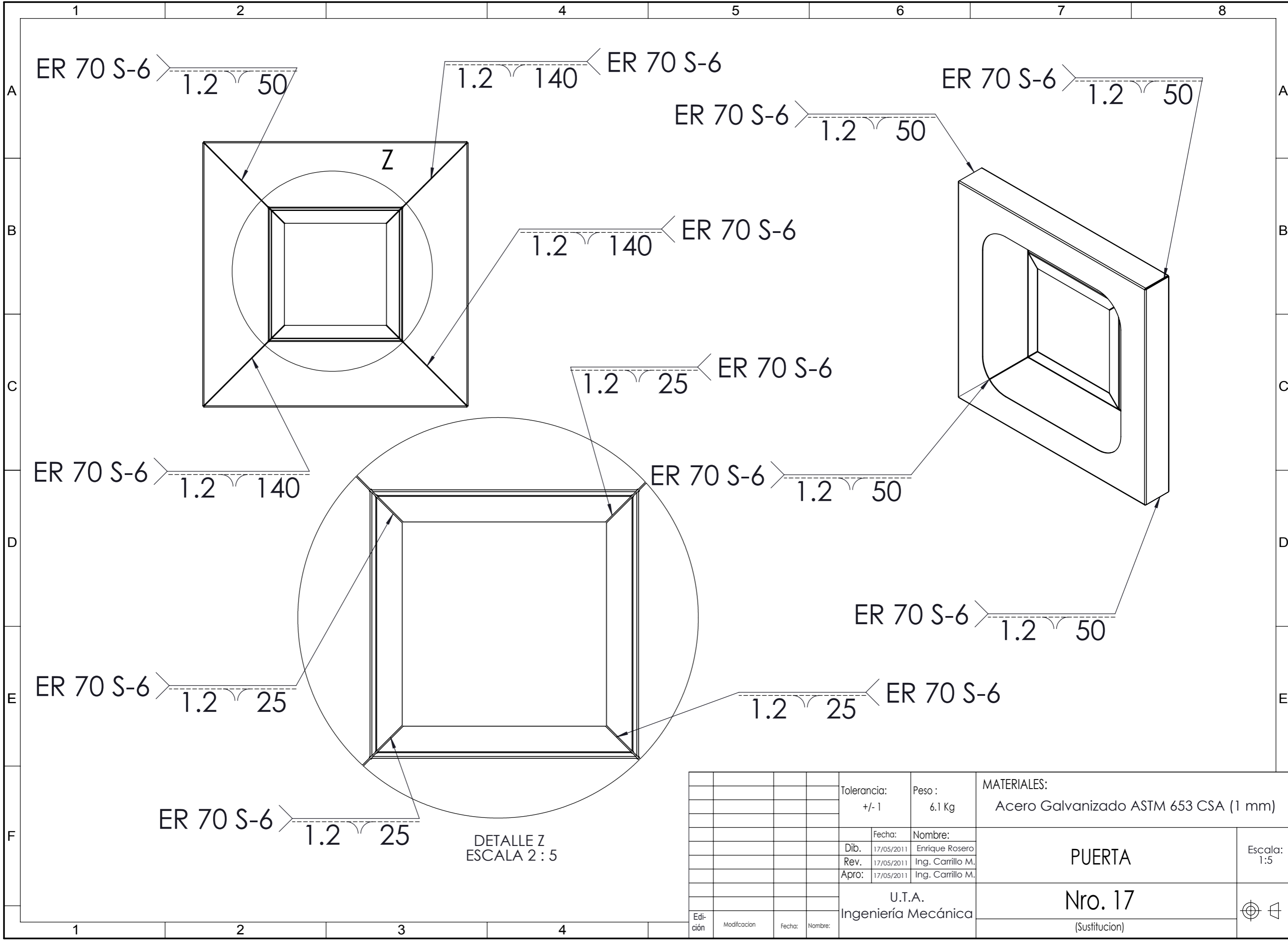


				Tolerancia: +/- 1	Peso : 1.1 Kg	MATERIAL: Acero Galvanizado ASTM 653 CSA (1 mm)	
					Fecha: 27/01/2012	Nombre: Enrique Rosero	Tapa superior de carcasa de control
					Rev. 27/01/2012	Ing. Carrillo M.	
					Apro: 27/01/2012	Ing. Carrillo M.	
				U.T.A. Ingeniería Mecánica		Nro. 15	
Edi- ción	Modificación	Fecha:	Nombre:			(Sustitución)	
						Escala: 1:5	



				Tolerancia: +/- 1	Peso : 9.2 Kg	MATERIAL: Aluminio 1100 (1.5 mm)	
				Dib.	Fecha: 27/01/2012	Nombre: Enrique Rosero	Ensamble cámara de calentamiento
				Rev.	27/01/2012	Ing. Carrillo M.	
				Apro:	27/01/2012	Ing. Carrillo M.	
				U.T.A. Ingeniería Mecánica		Nro. 16	
Edi- ción	Modificación	Fecha:	Nombre:	(Sustitución)		Escala: 1:5	





ER 70 S-6 1.2 50

ER 70 S-6 1.2 140

ER 70 S-6 1.2 50

ER 70 S-6 1.2 50

ER 70 S-6 1.2 140

ER 70 S-6 1.2 25

ER 70 S-6 1.2 140

ER 70 S-6 1.2 50

ER 70 S-6 1.2 50

ER 70 S-6 1.2 25

ER 70 S-6 1.2 25

ER 70 S-6 1.2 25

DETALLE Z  
ESCALA 2 : 5

				Tolerancia: +/- 1	Peso: 6.1 Kg	MATERIALES: Acero Galvanizado ASTM 653 CSA (1 mm)	
				Fecha:	Nombre:		
				Dib. 17/05/2011	Enrique Rosero	PUERTA	
				Rev. 17/05/2011	Ing. Carrillo M.		
				Apro: 17/05/2011	Ing. Carrillo M.		
				U.T.A. Ingeniería Mecánica		Nro. 17	
Edi- ción	Modifi- cación	Fecha:	Nombre:			(Sustitucion)	