

## CAPÍTULO 2

# TRATAMIENTO TERMOQUIMICO EN ACERO AISI 1018



<https://doi.org/10.22533/at.ed.316122508042>

Fecha de aceptación: 05/03/2025

### **Jesús Salvador Luna Álvarez**

Facultad de Ingeniería. Universidad Autónoma de Coahuila. Blvd. Fundadores Km.13 Ciudad Universitaria C.P. 25350 Arteaga, Coah., México.

### **Felipe de Jesús García Vázquez**

Facultad de Ingeniería. Universidad Autónoma de Coahuila. Blvd. Fundadores Km.13 Ciudad Universitaria C.P. 25350 Arteaga, Coah., México.

### **Gerardo Daniel Olvera Romero**

Facultad de Ingeniería. Universidad Autónoma de Coahuila. Blvd. Fundadores Km.13 Ciudad Universitaria C.P. 25350 Arteaga, Coah., México.

### **Adriana Lucio Cerecero**

Facultad de Ingeniería. Universidad Autónoma de Coahuila. Blvd. Fundadores Km.13 Ciudad Universitaria C.P. 25350 Arteaga, Coah., México.

### **Jorge Leobardo Acevedo Dávila**

Universidad la Salle Saltillo. Carretera Arteaga Km 8 C.P. 25298 Saltillo, Coahuila, México.

### **Selene Ivonne Ríos Palacios**

Universidad la Salle Saltillo. Carretera Arteaga Km 8 C.P. 25298 Saltillo, Coahuila, México.

**RESUMEN:** Se realizo un tratamiento termoquímico o cementación sólida en un acero bajo carbono AISI 1018. Este tratamiento tiene como finalidad enriquecer la superficie del acero con carbono mediante el mecanismo de difusión. así, se consigue que la capa superficial del acero contenga una concentración de carbono más alta que la concentración original de carbono que contenía este acero. Consecuentemente, el acero cementado adquiere una combinación de propiedades como: mayor dureza en la superficie y mayor resistencia al desgaste, pero sin perder tenacidad en el núcleo. Los componentes cementantes que se utilizaron, están formados por 90% de carbón vegetal y 10% carbonato de bario (BaCO<sub>3</sub>), la temperatura en el horno fue de 930°C, con una permanencia de 8 hrs. posteriormente la pieza de acero fue enfriada en aceite para temple y posteriormente se realizo un revenido a 230°C por un tiempo de 45 minutos el proceso se desarrolló satisfactoriamente obteniendo una profundidad de cementado de 1.61 mm La profundidad total se define como la distancia perpendicular desde el límite de la superficie hasta el final de la zona endurecida. Por otro lado, la microestructura obtenida en la superficie fue de una fase de

martensita y el núcleo fue de una fase de perlita y ferrita, en este tratamiento se logró obtener un acero de fase doble, logrando mayor dureza en la superficie debido a un alto contenido de carbono, pero conservando en su núcleo un contenido más bajo. Los aceros de fase doble son excelentes, en condiciones donde existen grandes esfuerzos de impacto y constante desgaste superficial, por ejemplo: en flechas, pernos, engranes y partes de transmisión los cuales se encuentran en constante fricción metal con metal, abrasión e impacto entre otras.

**PALABRAS CLAVE:** Cementación sólida, Carbono, Acero.

## 1 | INTRODUCCIÓN

La cementación sólida es un tratamiento termoquímico, que, mediante un proceso de difusión, enriquece con carbono la superficie de un acero, con la finalidad de obtener una capa con una concentración mayor de carbono a la del núcleo [1]. La saturación de carbono en la superficie induce la formación de martensita. Dando lugar a una pieza formada por dos fases microestructurales que presentan una combinación de propiedades: la del núcleo de bajo índice de carbón tenaz y resistente a la fatiga y la superficie con mayor dureza, resistencia al desgaste, mayor fuerza a la compresión [2]. La cementación depende principalmente de la temperatura, esta debe estar por encima del límite de solubilidad del carbono [3] siendo de 900°C - 930°C. Y el acero debe permanecer un tiempo determinado siendo de 8 a 12 horas. La profundidad de carbono difundido en el acero, desde la superficie hacia el núcleo será dependiente del tiempo que dure el tratamiento que puede ser de 6 a 10 horas de permanencia [4]. Una concentración más alta de carbono en la capa incrementara la dureza del acero [5]. Con la ayuda de un tratamiento térmico se pueden preparar piezas que serán sometidas a desgaste por fricción y esfuerzos, y la cementación es una opción con la que se logra obtener propiedades mecánicas que puedan garantizar el trabajo de los elementos que componen una maquina o herramienta partiendo de un acero comercial de bajo contenido de carbono [6].

## 2 | DESARROLLO EXPERIMENTAL.

Para el desarrollo de este estudio se maquinaron probetas para la prueba de tensión bajo la norma de la ASTM E8 y muestras de media pulgada de diámetro y media pulgada de longitud para análisis químico metalografía y microdureza. Ver figura.1

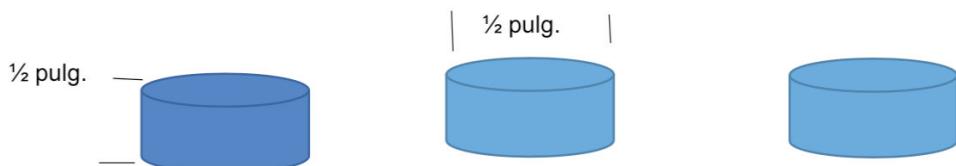


Figura 1. Probetas para Metalografía, Análisis Químico y Dureza.

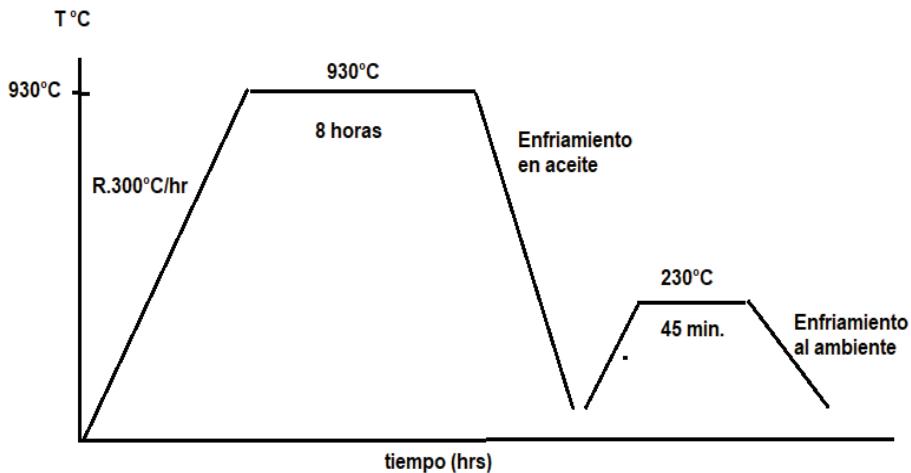
Se realizo análisis químico a barra de acero AISI 1018 utilizada para el estudio de cementación sólida, mediante un espectrómetro de emisión óptica PMI-Master Smart de la marca HITACHI. El análisis químico se realizó para corroborar si corresponde a un acero AISI 1018.

El procedimiento para el tratamiento mediante el proceso de cementación sólida fue mediante la colocación de la probeta de tensión y la muestra para metalografía de acero AISI 1018 y una mezcla de carbón vegetal (90%) y BaCO<sub>3</sub> (10%) en una caja metálica que posteriormente se cubrió con una tapa, sellando con arcilla los huecos existentes entre la caja y tapa para evitar la entrada de oxígeno, para el tratamiento. Una vez preparada la caja conteniendo las probetas y la mezcla de carbón y BaCO<sub>3</sub>, se introduce en un horno calentando a una temperatura de 930°C permaneciendo 8 horas, enseguida se saca la caja del horno se le quita la tapa y se extraen las probetas que son para tensión junto con los testigos que serán dispuestos para análisis químico, dureza y metalografía. Con rapidez se templan en un recipiente que contiene aceite para temple de alta velocidad de enfriamiento siempre manteniendo agitación durante el enfriamiento de las probetas. una vez que las probetas tienen una temperatura de 60°C son colocadas en un horno para efectuar el revenido a temperatura de 230°C. La figura 2 muestra la caja metálica utilizada para el tratamiento termoquímico.



Figura 2. Muestra la caja metálica donde se colocaron las muestras de acero AISI 1018, y la mezcla de carbón vegetal y carbonato de bario, una vez rellena, fue tapada, sellada con arcilla e introducida al horno para su tratamiento.

El proceso de cementación sólida se realiza mediante un horno en el cual se coloca la caja metálica que contiene las muestras de acero AISI 1018 y el carbón vegetal y carbonato de bario que al iniciar el ciclo térmico estos cementantes se encienden donde el carbono genera CO<sub>2</sub> continuando la reacción hasta producir monóxido de carbono con la ayuda del carbonato de bario, hasta lograr que exista la difusión de carbono en la superficie del acero mediante el mecanismo de difusión. La figura 3 muestra el ciclo térmico establecido.



La figura 3. Ciclo térmico aplicado en la cementación sólida en el acero AISI 1018.

La figura 4. Muestra el momento en que la caja es extraída del horno procediendo a realizar el temple en aceite para temple.



Figura 4. Extracción de las muestras de acero de la caja para posteriormente ser templadas en aceite mineral.

Las probetas tratadas en el tratamiento térmico fueron analizadas mediante un durómetro Vickers previamente montadas y pulidas con la finalidad de obtener la profundidad de capa cementada en el acero AISI 1018 y la probeta de tensión fue ensayada en una maquina universal.

## 3 | RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 3.1 Análisis químico

Se realizo análisis químico a muestra de acero AISI 1018 obteniéndose el siguiente resultado.

PM Smart SNr. 57T0056			Optik Nr. 57T0056				
Sample :			Alloy :	FE_100	Mode :	PA 30/11/2017 13:58:42	
	Fe	C	Si	Mn	Cr	Mo	Ni
1	98.3	0.198	0.237	0.779	0.0945	0.0276	0.0761
2	98.2	0.206	0.242	0.790	0.0943	0.0298	0.0762
3	98.3	0.189	0.220	0.772	0.0943	0.0285	0.0799
<b>Average</b>	<b>98.3</b>	<b>0.198</b>	<b>0.233</b>	<b>0.780</b>	<b>0.0944</b>	<b>0.0286</b>	<b>0.0774</b>
	Al	Co	Cu	Nb	Ti	V	W
1	0.0090	0.0053	0.260	0.0035	0.0019	0.0033	< 0.0400
2	0.0089	0.0077	0.257	0.0041	0.0019	0.0033	< 0.0400
3	0.0097	0.0026	0.258	0.0045	0.0023	0.0037	< 0.0400
<b>Average</b>	<b>0.0092</b>	<b>0.0052</b>	<b>0.258</b>	<b>0.0040</b>	<b>0.0020</b>	<b>0.0034</b>	<b>&lt; 0.0400</b>

De acuerdo al resultado obtenido el acero si corresponde a un acero AISI 1018, siendo apto para llevar acabo el estudio de cementación sólida.

### 3.2 Análisis metalográfico

El acero AISI 1018 fue sometido a un ensayo metalográfico, para este proceso de cementación sólida una de las condiciones para obtener resultados favorables es que la muestra este en condición de normalizado o sea que tenga las fases de perlita y ferrita en su estructura. Esto favorece a que exista una mejor difusión de carbono en el metal después del cementado. y la otra condición es que el acero sea de bajo contenido de carbono para este caso contiene 0.19% de C significa que, si es apto para llevar este estudio ya que la finalidad es enriquecer la superficie del acero con carbono hasta un promedio de 1% de C, por lo tanto si aplica la regla que menciona que a mayor contenido de carbono en el metal mayor será la dureza que este presente al ser templado. La figura 5 muestra una microestructura del acero AISI 1018 estudiado.

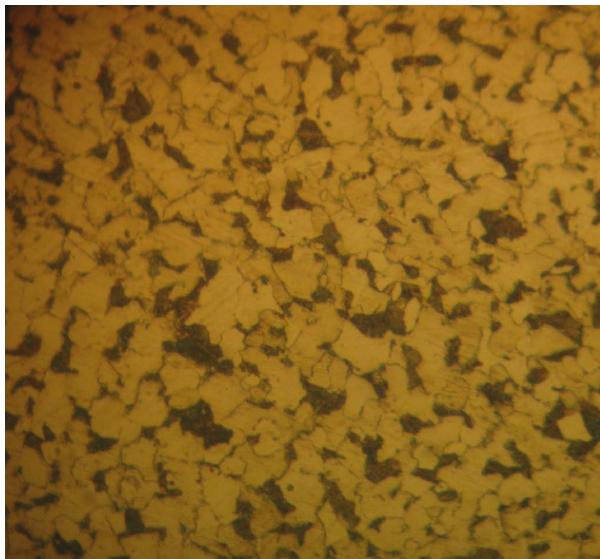


Figura 5. Micrografía a 400x del acero AISI 1018. En el cual se observa una estructura formada por una matriz ferrítica (clara) y perlita (oscura). Atacada con nital al 2%.

### 3.3 Ensayos mecánicos

El acero AISI 1018 fue sometido a un ensayo de dureza antes de ser sometido a cementación sólida y los resultados obtenidos son los siguientes.

AISI 1018 (SIN CEMENTAR)	
MEDICION	PROBETA 0
1	120,1
2	142,8
3	128,5
4	116,4
5	110,7
6	128,6
PROEDIO	<b>124,52</b>
DUREZA HV	<b>125,25</b>

La dureza obtenida corresponde a un acero AISI 1018 en condición de normalizado, para aceros al carbono existe una tabla que se utiliza para estimar la resistencia a la tensión en base a la dureza, para este resultado de dureza se estima que tiene una resistencia a la tensión de 64,000 psi

El acero AISI 1018 fue sometido a un ensayo de tensión después de ser sometido al proceso de cementación sólida y el valor de resistencia a la tensión obtenido fue de 167,964 psi. Se puede observar que la resistencia a la tensión se incrementó en la probeta cementada hasta más del doble de su resistencia original. La figura 6 muestra el gráfico del ensayo de tensión.



CORPORACIÓN MEXICANA DE INVESTIGACIÓN EN MATERIALES, S.A. DE C.V.  
LABORATORIO DE PRUEBAS MECÁNICAS  
SUBGERENCIA DE LABORATORIOS  
ENSAYO DE TENSIÓN

CLIENTE: GDT  
EQUIPO UTILIZADO: Tinius-Olsen H300KU  
REGISTRO: 17PM0455  
NORMA UTILIZADA: ASTM E8/E8M-2013a  
Área: 121.93 mm<sup>2</sup>  
CARGA MÁXIMA: 14400 kgf

IDENTIFICACION: AISI 1018  
MATERIAL: ACERO  
INFORME: PM-IFT/18-0038  
No. PROBETA: T3  
Diametro: 12.46 mm

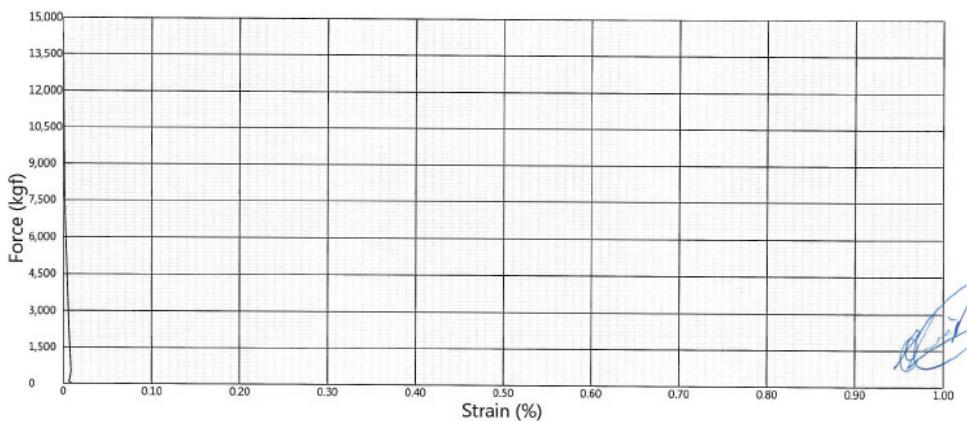


Figura 6. Resultado obtenido de una muestra de acero AISI 1018 cementada con carbón vegetal, donde, se obtuvo un esfuerzo máximo de 167,964 psi.

### 3.4 Profundidad de cementado

El resultado obtenido de la profundidad de cementado contempla un estudio general donde se anexa profundidad de cementado y micro dureza que es obtenida cuando se registra el valor de 50 Hrc o 550HV encontrado en el mapeo de acuerdo con la norma SAE J423, se obtuvo el gráfico y las microestructuras en la zona superficial, zona intermedia y núcleo. La figura 7 muestra el gráfico de profundidad de cementado siendo un valor de 1.61 mm. Es un valor aceptable el cual nos garantiza mejores propiedades en este acero.

## COMIMSA



pruebas # 1  
DataField # 2  
DataField # 3  
DataField # 4  
DataField # 5

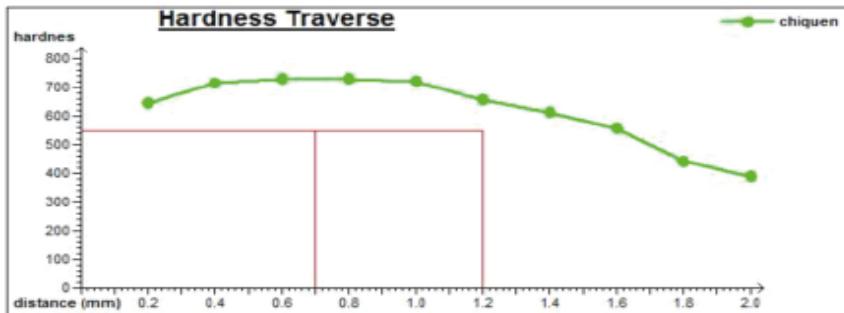
### Company Name

Company SubName  
Company Adress 1  
Company Adress 2

### Muestra :

Date :  
Order Number :  
Tester : Marco

DataField # 6  
DataField # 7  
DataField # 8  
DataField # 9  
DataField # 10



### Result

Eht 550 HV 0.5 = 1.61 mm

Row	1			
Point	Distance	Hardness	Conv Hardness 1	Comment
1	0.2000	645 HV 0.5	645 HV 0.5	
2	0.4000	716 HV 0.5	716 HV 0.5	
3	0.6000	729 HV 0.5	729 HV 0.5	
4	0.8000	729 HV 0.5	729 HV 0.5	
5	1.0000	721 HV 0.5	721 HV 0.5	
6	1.2000	657 HV 0.5	657 HV 0.5	
7	1.4000	614 HV 0.5	614 HV 0.5	
8	1.6000	557 HV 0.5	557 HV 0.5	
9	1.8000	443 HV 0.5	443 HV 0.5	
10	2.0000	390 HV 0.5	390 HV 0.5	

Figura 7. Gráfico que muestra los valores de dureza Vickers en el acero AISI 1018 al realizar el mapeo de profundidad de cementado.

La figura 8 muestran algunas metalografías de la muestra Cementada, donde la fotomicrografía A y B es la superficie del acero donde se obtuvieron durezas mayores a 50 Hrc siendo una estructura típica de martensita, alcanzando una profundidad de capa de 1.61 mm, la fotomicrografía C es la zona de transición donde la dureza es menor a 50 Hrc, cabe señalar que a partir de valores menores a 50Hrc ya no se considera profundidad de capa cementada porque inicia la zona de transición de la formación de trazas de la estructura de perlita y ferrita. Y la fotomicrografía D, es del centro de la pieza donde sus valores de dureza son menores a 20 Hrc. Y es una estructura que contiene la fase de perlita y ferrita.

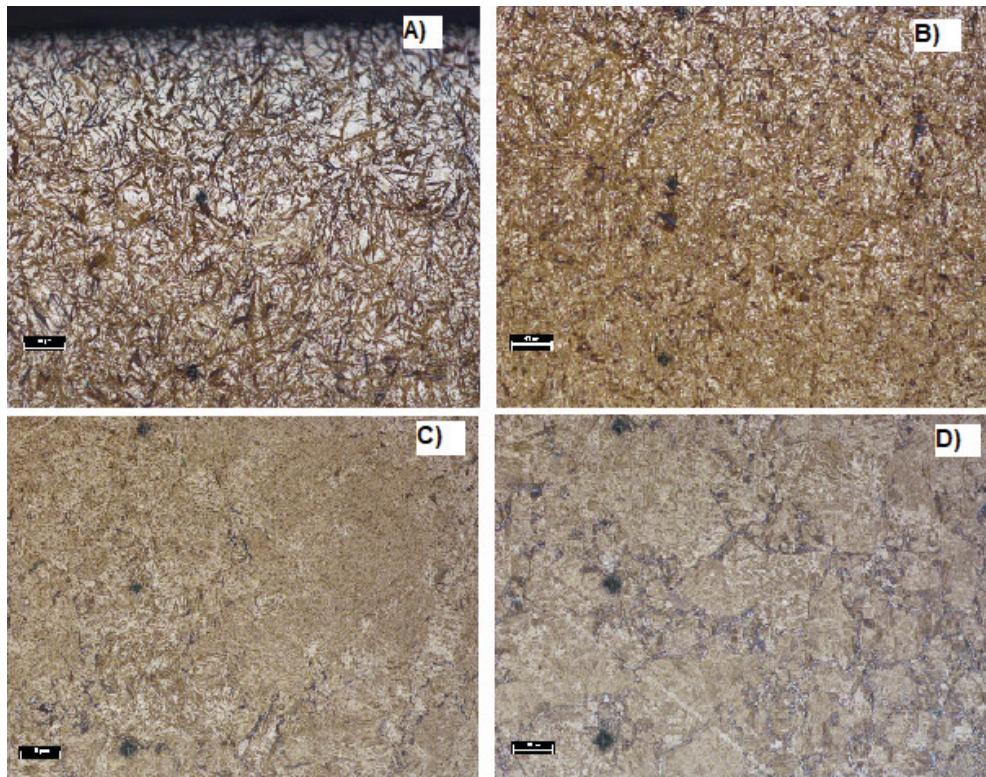


Figura 8. fotomicrografías tomadas al acero AISI 1018 cementado con carbón vegetal a temperatura de 930°C y 8 horas de permanencia. La microestructura (A y B) es la zona superficial, fase presente de martensita tomada a 200X, la microestructura (C) es la zona de transición presentando trazas de fases de perlita y ferrita tomada a 200X, y la microestructura (D) es el núcleo de la pieza analizada y presenta fase completamente de perlita y ferrita tomada a 200X.

## 4 | CONCLUSIONES

El resultado en este estudio se logró una capa superficial con un porcentaje de carbono superior al que tenía originalmente el acero AISI 1018. Esto se puede comprobar con los resultados metalográficos, ensayos de dureza, y ensayo de tensión. Por todo esto se puede concluir.

- Los valores de dureza obtenidos aumentan conforme ocurre el transcurso del tiempo en el proceso de cementado. Lo que se demuestra que, a mayor tiempo se tiene mayor concentración de carbono y por lo tanto se tiene mayor dureza y resistencia a la tensión
- Se observó que la probeta cementada con carbón vegetal alcanzó una capa cementada de 1.61mm con una dureza mayor a 550 HV que es un valor satisfactorio.

- En el análisis metalográfico claramente se observa una capa superficial de cementación, lo que demuestra que la estructura presente es de una fase de martensita constituyente de una fase de alta dureza.
- la disponibilidad de los materiales y equipos utilizados para estos tratamientos de cementado sólido es viable para desarrollarlo en el área metal-mecánica, lo que lo convierte en una muy buena opción para implementarlo en el área de trabajo.
- Utilizar el proceso de cementación sólida, garantiza que un acero de bajo contenido de carbón va a poder ser cementado de manera satisfactoria, obteniendo mejores propiedades mecánicas.

## REFERENCIAS

- [1] Askeland, D. R. (2004). Ciencia E Ingeniería De Los Materiales. México: Thomson.
- [2] Avalos, J. E. (1994). Endurecimiento Superficial Por Difusión Del Carbono En Acero Gamma (Tesis). Tesis, Universidad Autónoma De Nuevo León, San Nicolas De Los Garza.
- [3] Avner, S. H. (1988). Introducción A La Metalurgia Física. McGraw-Hill.
- [4] Bautermic, S. (2013). Tratamientos Térmicos. Los Tratamientos Térmicos En La Industria, 136, 23.
- [5] Belzunce, F. (2001). Aceros Y Fundiciones: Estructuras, Transformaciones, Tratamientos Térmicos Y Aplicaciones.
- [6] Bernd, S. E. (2003). Introducción A La Metalurgia. Santiago De Chile.