

Uso de galgas extensiométricas para obtener la fuerza de apriete en tornillo autorroscante

Jozef Wójcik*, Alberto A. Domínguez* y Miguel A. Cruz**

Recepción: 7 de junio de 2006
Aceptación: 8 de febrero de 2007

*Universidad Autónoma del Estado de México.
Posgrado de Ingeniería. Cerro de Coatepec s/n,
Cd. Universitaria, Toluca, Edo. de México.

Correo electrónico:
aldominguez6979@yahoo.com.mx

**Universidad Nacional Autónoma de México
Facultad de Ingeniería, Departamento de Ingeniería
Mecánica. Av. Universidad 3000, Ciudad
Universitaria, C.P. 04510, Coyoacán, México.
Correo electrónico: ma_cruz@yahoo.com.mx

Resumen. Se describe cómo a través de la instrumentación de galgas extensiométricas en tornillos autorroscantes, se logra determinar la tensión generada en el tornillo al momento de aplicar en éste el par torsional. Esto se lleva a cabo a través de pruebas de laboratorio, en las cuales se utilizaron tres tipos de acero en la placa en la que el tornillo autorroscante generó su cuerda, acero SAE 1018, SAE 1045 y SAE 1060. Al realizar cada prueba se obtiene la gráfica par torsional-ángulo y tensión-par torsional, las cuales muestran el comportamiento mecánico del ensamble en función de cada tipo de acero. Al desarrollar las pruebas y obtener las gráficas, es posible determinar ventajas y desventajas al utilizar galgas extensiométricas en tornillos autorroscantes, se obtiene la tensión en el tornillo y se determinan las variables del ensamble que más afectan la fuerza de tensión en éste. Con todo esto se logra proveer la fuerza de apriete necesaria para el óptimo desempeño del ensamble, especialmente en uniones críticas.

Palabras clave: tornillo autorroscante, fuerza de apriete, par torsional, galga extensiométrica, tensión.

Use of Extensimetric Gauges to Obtain the Tensional Force in Self-Threading Screws

Abstract. This article describes how through the use of strain gauges on self-threading screws, it is possible to measure the tension created on this kind of screw when torque is applied. The results were obtained through running lab tests, using three different types of steel for the plate: SAE 1018, SAE 1045, and SAE 1060, in which the self-threading screw created its own thread. Running each test, a torque-angle, and a tension-torque plot were obtained, showing the mechanical behavior for C\CFV screws depending on the steel used. Through these tests it was possible to determine the advantages and disadvantages for using strain gauges on self-threading screws. Once the screw tension is obtained, it is possible to determine the principal variables that affect the tensional force on the assembly. With this information, it is possible to predict the necessary applied force for the best assembly, especially on critical joints.

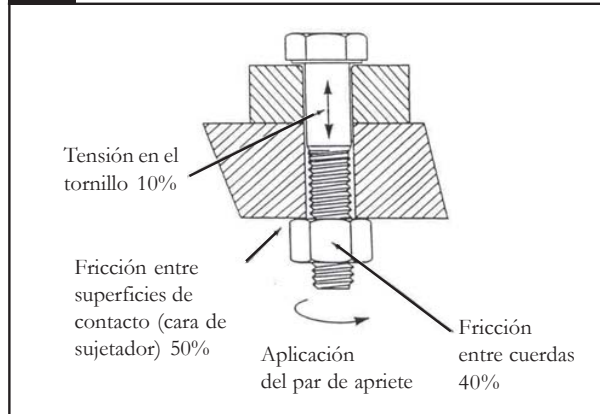
Key words: Self threading screw, clamp load, torque, strain gage, tension.

Introducción

Generalmente un tornillo trabaja como un resorte rígido. Cuando algún sujetador, tuerca o tornillo es apretado, el tornillo tiende a elongarse cierta cantidad. Esta elongación es medida por la deformación que sufre en el apriete, produciendo el esfuerzo a la tensión y desarrollando la fuerza de apriete, medida en Newtons (N).

En un ensamble convencional tornillo-tuerca, gran cantidad de esta fuerza se utiliza en vencer la fricción producida al entrar en contacto las cuerdas y la cabeza del tornillo o tuerca con la superficie del elemento a apretar.

Dada la presencia de la resistencia a la fricción entre cuerdas, se induce un esfuerzo torsional. Esta fuerza torsional o par torsional T , se expresa generalmente en Newtons-metro (Nm). Existe una relación par torsional-tensión en el tornillo,

Figura 1. Distribución del par de apriete entre cuerdas.


la cual describe el porcentaje en que el par torsional aplicado al tornillo o tuerca se distribuye, quedando esta distribución de la siguiente manera (Bickford, 1995) (figura 1):

- a) 50% del par de apriete vence la fricción entre la superficie del sujetador roscado con la superficie del elemento apretado.
- b) 40% del par de apriete vence la fricción existente entre las cuerdas del tornillo y la tuerca.
- c) 10% del par de apriete elonga o tensa el tornillo.

La relación de distribución de par torsional mencionada anteriormente se deriva de un análisis teórico y experimental, en el cual se determina que la relación par torsional aplicado y tensión en el tornillo tiende a ser una relación lineal (Bickford, 1995). En otras palabras,

$$T = F_p \times C \quad (1)$$

Donde:

T = Par de apriete (Nm)

F_p = Tensión generada en tornillo al ser apretado (N)

C = Constante de linealidad de una gráfica

Tensión = Par de apriete.

Determinación de especificaciones par torsional-tensión.

Generalmente la determinación de un par torsional se realiza a través de pruebas en laboratorio utilizando diferentes métodos de medición.

Un método para obtener una buena relación par torsional-tensión en un tornillo, es probando el ensamble a manera de representar éste como se hace en la línea de producción, pero con la instrumentación de galgas extensiométricas en los tornillos. En este tipo de pruebas, ningún componente a probar debe ser utilizado más de una vez y entre mayor sea el número de ensambles a probar se obtienen mejores resultados.

Los tornillos instrumentados por galgas extensiométricas resultan ser prácticos y confiables. Éstas no alteran las características del ensamble, lo cual suele suceder con las celdas de carga. Después de realizar la prueba, se determina el valor del par torsional que satisfaga las necesidades del ensamble, es decir, la mínima fuerza de apriete requerida para mantener la fuerza de sujeción en los componentes sin llegar a deformaciones plásticas debido a un apriete en exceso o contrariamente a esto, una fuerza de sujeción escasa por falta de poder de apriete. Estas especificaciones resultan ser la combinación del par de apriete, la tensión en el tornillo y la capacidad de la herramienta para lograr esto.

1. La tensión y el caso de estudio

De una investigación bibliográfica realizada sobre el tema, se vio que no existe documento técnico que describa el proceso para medir la fuerza de tensión en ensambles con tornillos autorroscantes a través de galgas extensiométricas, lo que dificulta saber si el par de apriete validado provee la fuerza de apriete necesaria para el óptimo desempeño del ensamble, especialmente en uniones críticas.

2. Sistema de medición de la fuerza de apriete de un tornillo

Al momento de realizar un ensamble a través de elementos roscados, la principal característica que se busca es la fuerza de apriete brindada por el tornillo. Las galgas extensiométricas, junto con otros equipos, puede ser uno de los métodos más precisos para medir la tensión en un tornillo. Éstas medirán la deformación en un cierto punto de la superficie del elemento, por lo que se debe tener cuidado en su localización. Cuando un tornillo es instrumentado apropiadamente, la precisión en la medida de la tensión en el tornillo puede ser del +/- 1 o 2% (Bickford, 1995).

Al instrumentar tornillos en donde se desea conocer la deformación de éstos al momento de ser apretados, la galga extensiométrica debe ser colocada con sus hilos paralelos al eje del tornillo. Al momento de apretar el tornillo, éste sufre una elongación que producirá variaciones en la geometría del hilo del extensiómetro que originarán una variación de su resistencia; por lo tanto disponiendo de instrumentos capaces de medir las pequeñas variaciones de resistencia original del extensiómetro, se puede conocer la deformación mecánica del tornillo (Olivares-Ponce 1999).

Con propósitos de experimentación, se seleccionó un tornillo M12x1.75x30, considerando que es aplicado en

un ensamble crítico, es autorroscante y tiene buen tamaño para ser instrumentado con galgas extensiométricas sin presentar mucha dificultad (figura 2).

En todo ensamble existen variables que pueden afectar su integridad, por mencionar las más importantes (Domínguez, 2004): material de elementos a sujetar, acabado superficial, velocidad de apriete y dimensiones de barreno, especialmente para tornillo autorroscante. La principal característica que varió en este estudio fue la dureza de los materiales, en donde el tornillo realiza la cuerda. Esta placa se denominará como “Placa B” (figura 3).

Las placas de acero que formarán el ensamble, son de los siguientes tres diferentes: acero de bajo carbono (SAE 1018), acero de medio carbono (SAE 1045) y acero de alto carbono (SAE 1060).

2.1. Prueba par torsional-tensión-ángulo a falla

En esta prueba se realiza el apriete en un ensamble nuevo para determinar la relación entre el par torsional máximo que puede soportar el ensamble, así como la tensión del tornillo, la cual se considera como la fuerza de apriete que se genera en la unión al momento que el tornillo comienza a apretar el ensamble. Esta prueba puede realizarse de dos maneras:

- Falla de algún componente del ensamble. Se aprieta el tornillo hasta que algún componente del ensamble presente deformación plástica o fractura.
- Aprieta por arriba del límite elástico máximo del tornillo (10% adicional). Los tornillos instrumentados con galgas extensiométricas se calibran con un 10% de esfuerzo por encima del límite máximo elástico, sin necesidad de llevarlos a falla. La ventaja de este método es poder continuar con el monitoreo de la tensión en el tornillo. El valor del límite elástico máximo del tornillo, de acuerdo con el grado (10.9) y el tamaño (M12), es de 70 kN (Blendulf, 2006).

2.2. Componentes y equipo para realizar la prueba

Las características consideradas para la realización de la prueba par torsional-tensión-ángulo, son las siguientes:

- Tornillo:** M12x1.75x30 Tipo TAPTITE; acero calmado SAE 4037; recubrimiento Sn-Zn.
- Placa A:** acero SAE 1018, 1045; 76.2x76.2x9.53 mm; diámetro barreno 14 mm; sin recubrimiento.
- Placa B:** acero SAE 1018, 1045, 1060; 76.2x76.2x12.70 mm.
- Diámetro barreno** 11.03 mm, recomendación de proveedor (REMINC, 2002).
- Herramienta:** eléctrica a 150 rpm.

Figura 2. Tornillo autorroscante instrumentado con galgas extensiométricas.

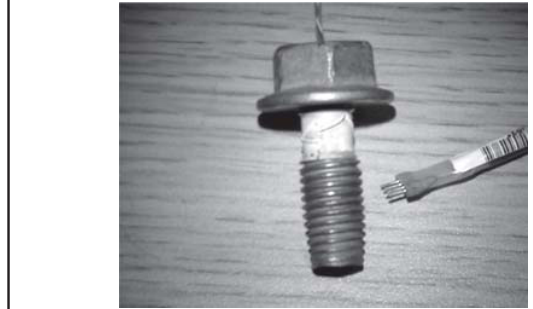


Figura 3. Identificación de placas para la prueba.

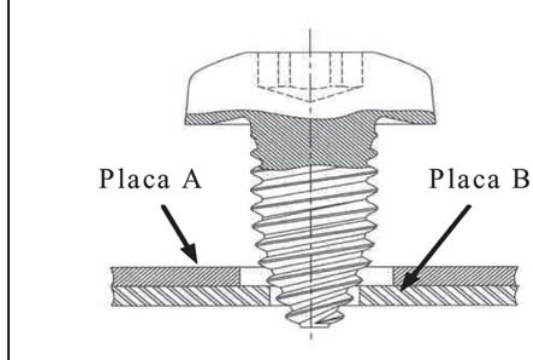
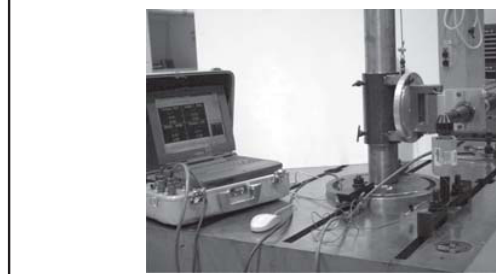


Figura 4. Instrumentación de prueba a tensión.



- Equipo: transductor Par Torsional-Ángulo y Tacómetro.
- Sistema recolector de datos: MC911.

2.3. Desarrollo de pruebas par torsional-tensión-ángulo a falla

Al tener la instrumentación adecuada (figura 4), se realizan las pruebas, obteniéndose las gráficas par torsional-ángulo y par torsional-tensión, las cuales muestran el comportamiento del ensamble de acuerdo con sus características (véase anexos, gráficas 1-6).

3. Análisis de resultados

Al analizar las gráficas obtenidas en la prueba par torsional-ángulo a falla, se observan los siguientes puntos:

a) La dureza de las placas es un factor muy importante en ensambles en los que se utiliza tornillo autorroscante. El par torsional máximo alcanzado en los ensambles se mantiene en un promedio de 190 Nm, sin embargo, el par torsional que varía es el máximo requerido para la generación de la cuerda, teniendo los siguientes valores:

- Placa acero SAE 1018 46.31 Nm
- Placa acero SAE 1045 55.18 Nm
- Placa acero SAE 1060 71.48 Nm

b) La velocidad de la herramienta varía en función a la dureza de las placas. Las placas de acero SAE 1060 presentaron una disminución del 10% en la velocidad (rpms), debido al incremento de fricción entre el tornillo y la placa, consecuencia de la dureza de ésta misma.

c) Las gráficas obtenidas de las pruebas realizadas con acero SAE 1045, muestran un comportamiento muy similar a las del acero SAE 1018, pero en particular, ningún tornillo se fracturó y en todos los casos la herramienta se detuvo. Esto se puede atribuir a que la superficie de la placa de acero SAE 1045 tenía mayor dureza y otro acabado superficial diferente a la placa SAE 1018 (figura 5).

De las pruebas de par torsional-tensión-ángulo a falla realizadas, se pueden mencionar los siguientes puntos:

a) En un ensamble en el que se utilice tornillo autorroscante, sí se puede obtener la tensión en éste ya que a pesar de haber variado el tipo de acero, se obtuvo tensión en los tres aceros utilizados, SAE 1018, SAE 1045 y SAE 1060.

Figura 5. Fractura de tornillo en acero SAE 1045.



Tabla 1. Resumen de resultados.

Material	Par de apriete	Tensión	Dureza
Acero SAE 1018	144.4 Nm	56.76 kN	89.18 HRb
Acero SAE 1045	149.4 Nm	55.46 kN	55.46 HRb
Acero SAE 1060	152.8 Nm	50.50 kN	50.50 HRb

b) En las placas de acero SAE 1060, se presentó un excedente de fricción al momento en que el tornillo terminaba de generar las cuerdas, lo cual se ve relacionado con el efecto de compresión en lugar de tensión en ese periodo del apriete. Esto se puede atribuir a que la placa de acero SAE 1060, al oponer una mayor resistencia a su penetración, demandó un mayor par de apriete en ese momento y por ende una disminución en la tensión. Al terminar la generación de cuerdas, se reduce la fricción y así incrementa el par torsional y la tensión.

c) No se logró monitorear el comportamiento del ensamble mas allá de 56 kN promedio en los tres tipos de acero, debido a la fractura del tornillo antes de alcanzar su límite elástico máximo. Sin embargo, se presentó deformación plástica en un valor de par torsional promedio de las pruebas. La tabla 1 muestra un resumen de los resultados entre los ensambles hechos con diferente acero.

Conclusiones

Al analizar un ensamble con tornillo autorroscante instrumentado con galgas extensiométricas, se logra obtener la tensión en el tornillo al momento de apretarlo. Como resultado de pruebas hechas en laboratorio, se concluye de manera particular lo siguiente:

a) Es posible conocer la fuerza de tensión en un tornillo autorroscante utilizando galgas extensiométricas. El conocimiento de esta fuerza de tensión, beneficia la industria, ya que se puede determinar la fuerza de apriete requerida para un ensamble.

b) Las galgas extensiométricas pueden ser instrumentadas en diferentes tamaños de tornillos autorroscantes. Los inconvenientes que se presentan al utilizar galgas extensiométricas son costo y mano de obra.

c) En ensambles no críticos no se recomienda obtener la tensión del tornillo.

d) Se requiere de un mayor número de estudios para determinar el grado de confiabilidad que brinda un tornillo autorroscante.

e) La relación par torsional-tensión varía en cada ensamble dependiendo de la dureza del material y acabado superficial.

f) Cuando un ensamble hecho con tornillo autorroscante presenta excesiva fricción, se recomienda aplicar algún lubricante en las cuerdas para reducir la pérdida de tensión por fricción.

g) Considerando a los elementos sujetadores como parte del diseño, se logra optimizar el proceso de producción, reducción de tiempo y costo en la operación.

h) Todo ensamble realizado con tornillo autorroscante, presentará variaciones del par torsional, debido básicamente a condiciones y características del apriete.

Bibliografía

Bickford, J. H. (1995). *An Introduction to the Design and Behavior of Bolted Joints*. 3ª ed. Marcel Dekker, Inc. Nueva York, EUA.

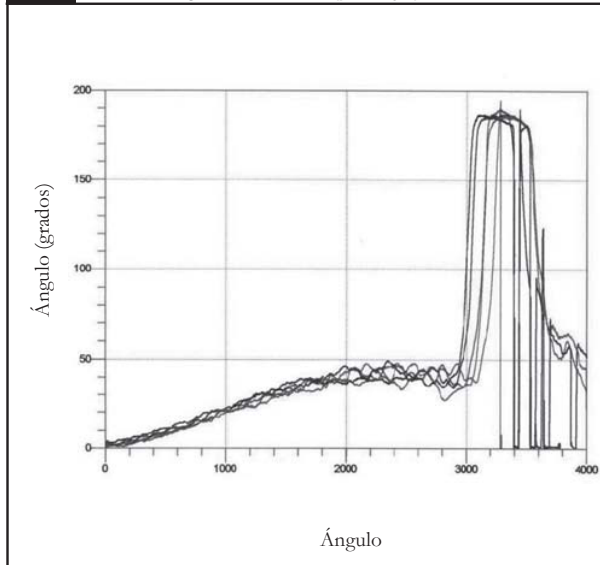
Blendulf, B. (2004). *Fastening Technology & Bolted/ Screwed Joint Design Manual*. 5ª ed. Clemson University, South Carolina, EUA.

Domínguez, A. (2004). *Medición de la fuerza de apriete en un ensamble, por un tornillo autorroscante*, Tesis de Maestría, Universidad Autónoma del Estado de México (UAEM), Facultad de Ingeniería, Toluca, México.

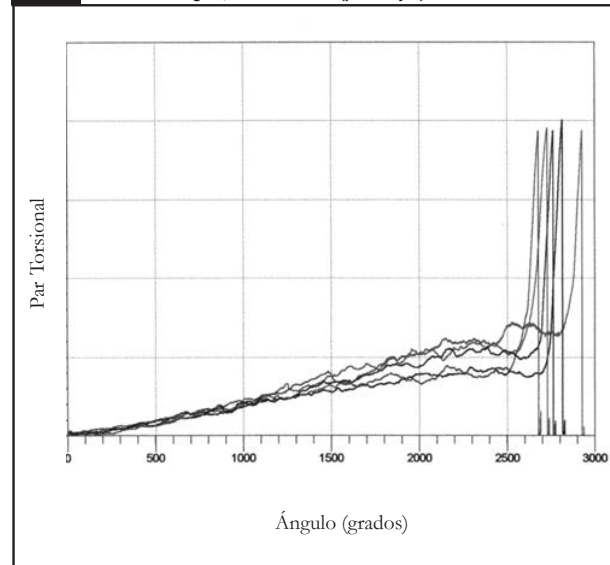
Olivares-Ponce, A. (1999). *Taller de foto-elasticidad y extensometría*. 2. México.

Anexo

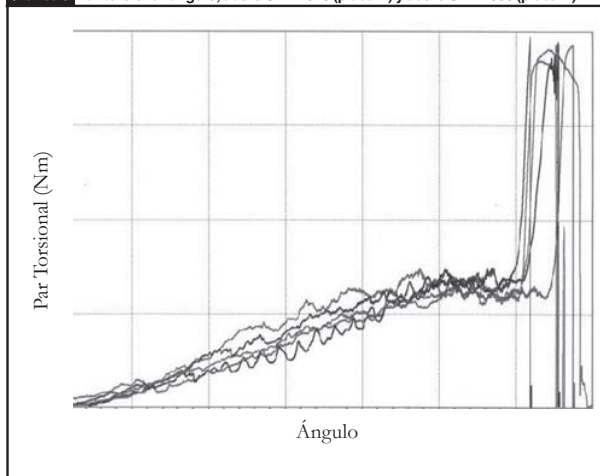
Gráfica 1. Par torsional-ángulo, acero SAE 1018 (placa A y B).



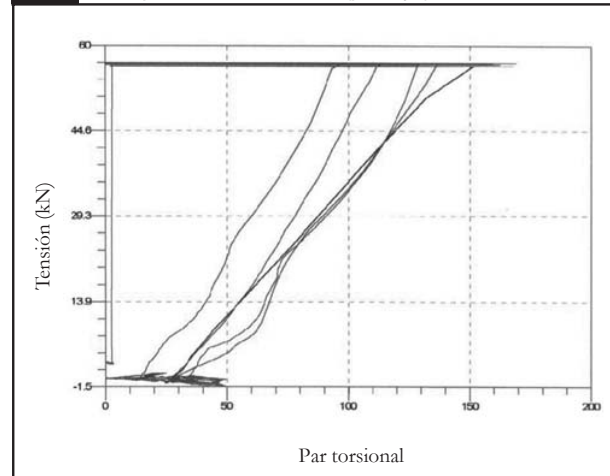
Gráfica 2. Par torsional-ángulo, acero SAE 1045 (placa A y B).



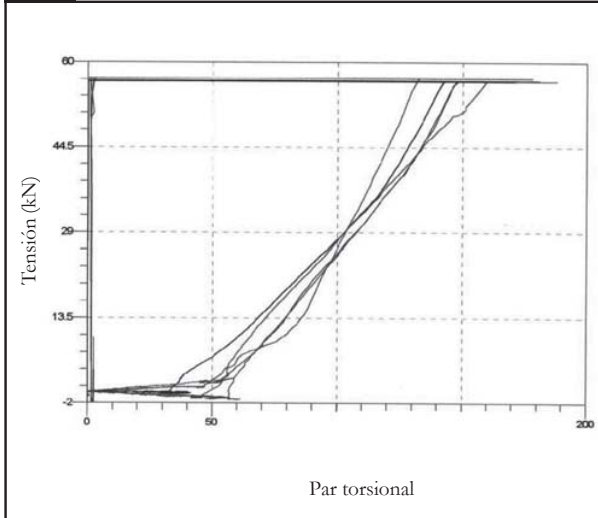
Gráfica 3. Par torsional-ángulo, acero SAE 1018 (placa A) y acero SAE 1060 (placa B).



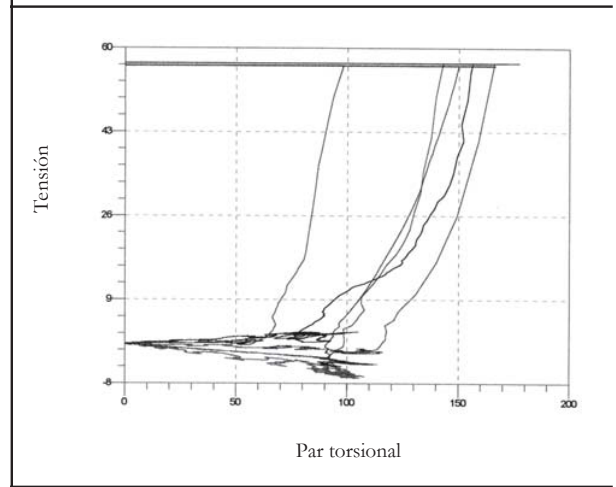
Gráfica 4. Tensión-par torsional, acero SAE 1018 (placa A y B).



Gráfica 5. Tensión-par torsional, acero SAE 1045 (placa A y B).



Gráfica 6. Par de apriete-ángulo, acero SAE 1018 (placa A) y acero SAE 1060 (placa B).



FACULTAD DE CIENCIAS POLÍTICAS Y ADMINISTRACIÓN PÚBLICA UAEM

CONVERGENCIA

Revista de Ciencias Sociales

AÑO 14
VOLUMEN 44
ENE. - ABR. 2007
PUBLICACIÓN CUARTERTRIMESTRAL

Pensamiento

Las historias de vida como método
FRANCO FERRAROTTI

La potencia de los lugares emblemáticos
MICHEL MAFFESOLI

De la epistemología de la ecología política latouriana a una epistemología de susurro antropológico
ANTONIO ARELLANO HERNÁNDEZ

Lógica de la dominación y potencia social en Michel Maffesoli
NELSON ARTEAGA BOTELLO

Estudios

La investigación en el Centro de Estudios sobre lo Actual y lo Cotidiano
VALENTINA GRASSI

Reproducción social y desigualdad en la educación indígena en México
DANIEL GUTIERREZ MARTINEZ

Ensayos

La emergencia del sentido a partir del no-sentido
EDGAR MORIN

Reseñas

Biopolíticas de la distinción social y racial en México, del porfiriato a la posrevolución
BRUNO LUTZ

Gobernabilidad en América Latina: contribuciones para el debate en la perspectiva de la democratización
MARIANA APARICIO RAMÍREZ

CONVERGENCIA Revista de Ciencias Sociales.
Año 14 Número 44 enero-abril de 2007.
Publicación del Centro de Investigación y Estudios Avanzados en Ciencias Políticas y Administración Pública, de la Universidad Autónoma del Estado de México.

<http://convergenzia.uaemex.mx>
www.redalyc.com.mx
revistaconvergenzia@yahoo.com.mx
Telfax (722) 215 9280