

## Tecnología para el acondicionamiento de uniformes antiestáticos empleados en la industria automotriz

### Technology for conditioning antistatic uniforms used in the automotive industry

MARCIAL, Ana Delia†\* & VALLES, Jazmín Edith

*Universidad Politécnica Juventino Rosas, México.*

ID 1<sup>er</sup> Autor: Ana Delia, Marcial / ORC ID: 0000-0003-3865-5152

ID 1<sup>er</sup> Coautor: Jazmín Edith, Valles / ORC ID: 0000-0002-6880-2208

DOI: 10.35429/JSI.2020.13.4.1.7

Recibido Enero 10, 2020; Aceptado Marzo 30, 2020

#### Resumen

Como una parte fundamental para poder atender los requerimientos de servicios que el ramo Automotriz demanda, se busca investigar el proceso de Lavado de Uniformes Antiestáticos, como punta de lanza para la incorporación de servicios de primera necesidad para la industria automotriz. Sin lugar a duda, una de las necesidades esenciales de esta industria funge en el uso de Uniformes correctamente diseñados y tratados para su correcta operación en la aplicación, principalmente pintado de autopartes, que salvaguarde los estándares de calidad de los procesos y producto terminado de las empresas operan e impulsan el desarrollo del estado. El presente artículo muestra un análisis sobre el proceso de acondicionamiento, que prolonguen la vida útil de la prenda. Se realizará un análisis aleatorio de la vida útil de las prendas mediante equipos de última generación que miden el contenido de fibra de carbón en las prendas por medio de conductividad. Siendo este un indicador primordial para garantizar la seguridad de los uniformes en las cabinas de pintado del sector automotriz.

#### Abstract

As a fundamental part to be able to comply with the requirements of the services demanded by the automotive branch, it seeks to investigate the process of washing antistatic uniforms, as a spearhead for the incorporation of essential services for the automotive industry. Undoubtedly, one of the essential needs of this industry is based on the use of properly designed and treated uniforms for proper operation in the application, mainly auto parts, which safeguards the quality standards of the processes and the finished product of the Companies that operate and manage state development. This article shows an analysis of the conditioning process, which prolongs the life of the garment. A random analysis of the life of the garments will be carried out using the latest equipment that measures the content of carbon fiber in the garments through conductivity. This is a main indicator to ensure the safety of uniforms in the paint booths of the automotive sector.

#### Acondicionamiento, Proceso, Uniformes antiestáticos

#### Conditioning, Process, Antistatic uniforms

**Citación:** MARCIAL, Ana Delia & VALLES, Jazmín Edith. Tecnología para el acondicionamiento de uniformes antiestáticos empleados en la industria automotriz. Revista de Innovación Sistemática. 2020. 4-13:1-7.

\*Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: amarcial\_ptc@upjr.edu.mx)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

## Introducción

Derivado del alto desarrollo de la industria automotriz dentro del estado de Guanajuato, se presenta una gran oportunidad que el sector automotriz exige en beneficio de la consolidación de negocios dentro de la región, la centralización y desarrollo de empresas proveedoras, deriva en una alta necesidad de compenetrarse en los requerimientos que esta industria tiene en cuanto a desarrollo de tecnologías aplicables al ramo y suministros confiables.

Al realizar una perspectiva de las necesidades presentes y futuras de este mercado, se identifica que un proceso clave en la industria automotriz suele ser el pintado o repintado de partes.

La pintura es un producto que se aplica en distintas superficies, es por tanto un fluido de colores que, al secarse, se convierte en una película sólida que sirve para proteger y decorar el vehículo. Sin embargo, el proceso de pintado requiere de cuidados especiales en su desarrollo, así como de áreas específicas para llevarlos a cabo.

Dentro de la industria automotriz se emplea un Uniforme antiestático (Overol y escafandra) para cabinas de pinturas, estas prendas de vestir que, a consecuencia de su composición del tejido, limita la introducción y desprendimiento de partículas en el interior de un cuarto limpio.

La composición de estas prendas, deben estar conforme al método de prueba para la permeabilidad al aire de telas textiles de acuerdo a la ASTM D737-96.

Otra importante función de estas prendas es que sirven para disipar y aislar los campos electrostáticos los cuales son generados por la fricción entre el cuerpo humano y los materiales con los cuales está compuesta la ropa, evitando así que dichos campos carguen de energía a sus componentes.

Considerando el impacto económico que tiene este segmento en el desarrollo económico del país y de la entidad, así como la importancia de generar conocimiento en este rubro, se realiza el presente documento para investigar la tecnología necesaria para el acondicionamiento de uniformes antiestáticos empleados en las cabinas de pintura de la industria automotriz, como una pieza clave en los servicios de primera necesidad para el sector, como es, el uso de uniformes correctamente tratados para su efectiva operación en las cabinas de pintado de autopartes, que salvaguarde los estándares de calidad de los procesos y producto terminado de las empresas de este giro.

De tal forma la propuesta de la investigación pretende analizar tecnologías conjuntas que se emplean en el acondicionamiento de las prendas consistentes en: medición de flujo y presión de aire en cuarto limpio, medición de partículas para garantizar un ambiente menor a 1000 partículas por m<sup>3</sup> y no mayor a 0.5 micras, medición de la residualidad de partículas en uniformes así como indicadores de limpieza de los mismos, distintos usos de detergentes y limpiadores, siendo esto una matriz de investigación y desarrollo de las mejores alternativas en conjunto. Por tanto, se busca identificar las tecnologías necesarias para el lavado y acondicionamiento de uniformes antiestáticos para la industria automotriz, que garantice estar libre de partículas para su uso seguro en el área de pintado de autopartes.

En la primera parte del documento se presenta una explicación teórica del estado actual de la técnica, incorporando información sobre las tecnologías disponibles en el mercado, así como artículos de investigación, normas aplicables y publicaciones consultadas con la finalidad de generar un diagnóstico del monitoreo tecnológico que contribuya a entender los elementos que intervienen en el acondicionamiento de los uniformes antiestáticos.

En el segundo punto se mencionan los aspectos metodológicos realizados en estudio, el método de investigación que se aplicó, se definen las variables de estudio consideradas, se explica el análisis efectuado, así como el proceso y el plan de muestreo que se llevó a cabo para recolectar datos.

En el tercer apartado se describen los resultados de la investigación. Se establecen los datos obtenidos de los análisis.

La última parte hace referencia a la conclusión una vez analizados los resultados de los indicadores establecidos para garantizar la seguridad de los uniformes en las cabinas de pintado del sector automotriz, con la cual podemos afirmar que para contar con uniformes correctamente tratados en cuanto a lavado se refiere para su garantía de uso, se deben mantener condiciones adecuadas para su tratamiento.

### Revisión de la literatura

Dentro de la industria automotriz se emplea un Uniforme antiestático (Overol y escafandra) para cabinas de pinturas, el cual conforme a las especificaciones establecidas por un fabricante de Uniformes para cuartos limpios para la línea automotriz, están fabricados con tela cuya composición está dada por un 98% poliéster y un 2% fibra de carbono, permitiendo un cambio de carga de 5000 a 50 volts en sólo 0.01 segundos, contando con una barrera de protección contra hongos, bacterias o partículas, tornándolo a su vez cómodo al permitir libertad de movimiento y facilitar la evaporación corporal, la mezcla de sus materiales reducen la probabilidad del desprendimiento de pelusa, permitiendo una cantidad determinada de lavadas establecidas por el fabricante.

En el momento de la fabricación de las prendas antiestáticas, estas son sometidas a métodos de prueba para medir la permeabilidad al aire de las telas de acuerdo con la ASTM D737 – 96, así como sus propiedades electrostáticas.

Para que se pueda tener un correcto manejo en el lavado de uniformes antiestáticos, es de vital importancia considerar la clasificación de los cuartos limpios en función de algunos criterios importantes como sus aplicaciones, de forma que se efectúe el control de partículas, así como las consideraciones y metodología a seguir en el funcionamiento de estos.

Gupta & Kaur (2017) describen la sala limpia como un espacio que minimiza la introducción, la generación y retención de partículas, mediante el suministro de altas cantidades de aire filtrado, donde el personal que labora en el cuarto limpio usa ropa que minimiza la dispersión de partículas y microorganismos, evitando así generar partículas y se puede limpiar fácilmente. Las salas limpias pueden también controlar la temperatura, la humedad, el sonido, la iluminación y la vibración.



**Figura 1** Cuarto limpio con personal que lleva ropa especial para salas limpias

Fuente: Gupta, A., Kaur, M. & Kaur, A. (2017)

Por tanto, un cuarto limpio es el área en la cual se minimiza la introducción, propagación y retención de partículas, por medio de 2 principios: Filtración de aire y presurización del cuarto. Teniendo controladas condiciones como humedad, temperatura, patrones de flujo de aire, presión y movimiento del aire en donde la concentración de partículas sea minimizada la introducción, generación y retención de partículas en el interior del cuarto, evitando así la contaminación de los productos (Castaño & Orozco, 2008).

En términos generales, un "cuarto limpio" es un cuarto cerrado que cuenta con un equipo que controla la cantidad de partículas en el aire al emplear filtros y presión de aire. Para cumplir con los requisitos de un "cuarto limpio", como se define en la norma federal 209E y las normas ISO más recientes, en todos los cuartos limpios no deben exceder el recuento de partículas especificado en la clasificación de cuartos limpios establecida en el ISO 14644-1.

Desde noviembre de 2001, el Estándar Federal 209E ha sido sustituido por la clasificación conforme a ISO 14644-1, donde sus estándares se midieron en metros cúbicos.

El método es sencillo; el número asignado a la clase es la clasificación a la que debe diseñarse la sala. En la nueva norma ISO 14644-1, la clase 3 es la más limpia.

Los cuartos limpios son clasificados de acuerdo con la limpieza del aire, como se indica en la Tabla 1, donde se muestra la clasificación en función del tamaño y la cantidad de partículas.

Clasificación	ISO 14644-1 Cuartos Limpios Estándar						Equivalente FED STD 209E
	Máximo de partículas / m <sup>3</sup>						
	≥0.1µm	≥0.2µm	≥0.3µm	≥0.5µm	≥1µm	≥5µm	
ISO 1	10	2.37	1.02	0.35	0.083	0.0029	
ISO 2	100	23.7	10.2	3.5	0.83	0.029	
ISO 3	1,000	237	102	35	8.3	0.29	Clase 1
ISO 4	10,000	2,370	1,020	352	83	2.9	Clase 10
ISO 5	100,000	23,700	10,200	3,520	832	29	Clase 100
ISO 6	1.0 x 10 <sup>6</sup>	237,000	102,000	35,200	8,320	293	Clase 1,000
ISO 7	1.0 x 10 <sup>7</sup>	2.37 x 10 <sup>6</sup>	1,020,000	352,000	83,200	2,930	Clase 10,000
ISO 8	1.0 x 10 <sup>8</sup>	2.37 x 10 <sup>7</sup>	1.02 x 10 <sup>7</sup>	3.52 x 10 <sup>6</sup>	832,000	29,300	Clase 100,000
ISO 9	1.0 x 10 <sup>9</sup>	2.37 x 10 <sup>8</sup>	1.02 x 10 <sup>8</sup>	3.52 x 10 <sup>7</sup>	8,320,000	293,000	Apto de la habitación

**Tabla 1** Clasificación de la pureza del aire

Fuente: Elaboración propia conforme a datos de la norma ISO 14644-1 [Microsoft Excel]

Reyes (2014) agrega que los cuartos limpios se clasifican de acuerdo con la pureza del aire. Existen cuartos limpios de 100 mil, 10 mil, 1 mil, 100, 10 y hasta una partícula por pie cúbico; se clasifican como clase 100 K (ISO 8), 10 K (ISO 7), 1 K (ISO 6), 100 (ISO 5), 10 (ISO 4) y 1 (ISO 3), respectivamente. Considerando que una micra es una centésima del ancho de un cabello humano de tal forma que la partícula más pequeña que puede ser identificada a simple vista es una partícula de 10 micras (Whyte, 2010).

Los cuartos o áreas limpias deben ser capaces de controlar de 0.01 y 0.05 partículas. Es importante recordar que existe una presión positiva dentro de los cuartos limpios, evitando así que ingresen nuevas partículas al área, sin embargo, los microorganismos provienen del personal que se encuentre dentro del área gracias a las células de la piel que desprenden y de otras partículas de los procesos que tengan lugar en la habitación.

Las normas Standard Federal 209 de Estados Unidos de América, la British Standard BS5295 así como la ISO 14644-1, establecen las características bajo las cuales debe operar un cuarto limpio, especificando y valorando los parámetros necesarios, con el objetivo de garantizar la calidad ambiental como: cargas térmicas especiales, condiciones térmicas, cambios de aire por hora, humedad relativa, ocupación en función del horario y la cantidad, requerimiento de aire exterior, vibración permitida, iluminación, control microbiológico, patrón de movimiento del aire, filtros y normas a cumplir, para lograr tener un control de las partículas en las áreas limpias evitando la contaminación del producto. Para el territorio mexicano, la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SSA1-2015 en su Apéndice A, describe y clasifica los niveles de limpieza dependiendo de las áreas de fabricación, el número máximo permitido de partículas totales por m<sup>3</sup> considerando las condiciones estáticas/dinámicas, así como las partículas viables (UFM), estableciendo para ambas variables una frecuencia de monitoreo de estas. Adicional a ello se establecen parámetros como la presión diferencial y flujo de aire, cambios de aire (mínimos) por hora, temperatura y humedad, así como la vestimenta para trabajar dentro del área, cuyo caso para este trabajo se centrará en la clase ISO 6.

## Metodología

La presente investigación se realizó bajo un enfoque cuantitativo, la recolección de los datos se basó en instrumentos estandarizados, mediante la observación, medición y documentación de mediciones. Se utilizaron instrumentos que han demostrado ser válidos y confiables en estudios previos (Hernández, Fernández y Baptista, 2010). Se estudiaron las condiciones para el funcionamiento de un cuarto limpio denominado clase 1000, diseñado específicamente para el lavado de prendas antiestáticas usadas en las áreas de pintura de la industria automotriz, garantizando cero defectos en proceso a causa de vestimenta. Se analizan las condiciones generales del área diseñadas inicialmente para dar continuidad a todo el proceso de acondicionamiento.

Se monitorean los resultados de un cuarto limpio (con clase ISO 6) para el lavado de uniformes antiestáticos, para contar con un ambiente que se encuentre libre de impurezas, donde se emplean dispositivos para el monitoreo de la temperatura, la humedad, así como el flujo de aire que circula en el interior del área. Tomando en consideración las normas donde se establecen los parámetros adecuados que influyen en los procesos de eliminación de partículas, apoyado en procedimientos de trabajo, así como validaciones de métodos para efectuar un monitoreo continuo de las condiciones con las que opera el área limpia donde se efectúa el acondicionamiento de los uniformes.

En el conteo de partículas en el área, se aplican los conceptos de validación y clasificación de clase de aire reportado en la ISO 14644, en el muestreo se efectuarán conteos cuando el personal que opera en el área de lavandería se encuentra en descanso y cuando el personal se encuentra ejecutando el proceso de acondicionamiento.

Para garantizar la calidad requerida dentro del proceso de acondicionamiento de uniformes antiestáticos y encontrarse conforme a los requerimientos de las normas aplicables, es importante contar con herramientas que contribuyan a reducir riesgos dentro del proceso a través del establecimiento y aplicación de Buenas Prácticas de Manufactura (Valles, Sánchez, Carrillo, García & Esparza, 2015). Para el acondicionamiento correcto de los uniformes se analizan las condiciones de un cuarto limpio que cuenta con la tecnología especializada a través de una lavandería industrial, para el manejo de uniformes antiestáticos, donde se establecen prácticas de higiene a través de protocolos para la manipulación de éstas prendas, cuya finalidad sea garantizar un uniforme limpio, libre de partículas, sin alterar sus propiedades originales, considerando para ello las condiciones que deben controlarse durante todo este proceso.

## Resultados

Los criterios de aceptación para garantizar que la infraestructura que se emplea para el acondicionamiento de uniformes y se cumple con las condiciones necesarias para operar correctamente deberán estar apegadas a la NOM-059-SSA1-2015.

Identificando áreas críticas como el área de lavado y secado donde se mantendrá un acabado sanitario donde en la terminación de las superficies (paredes, pisos y techos) se evita la acumulación de partículas viables y no viables haciendo más fácil su limpieza.

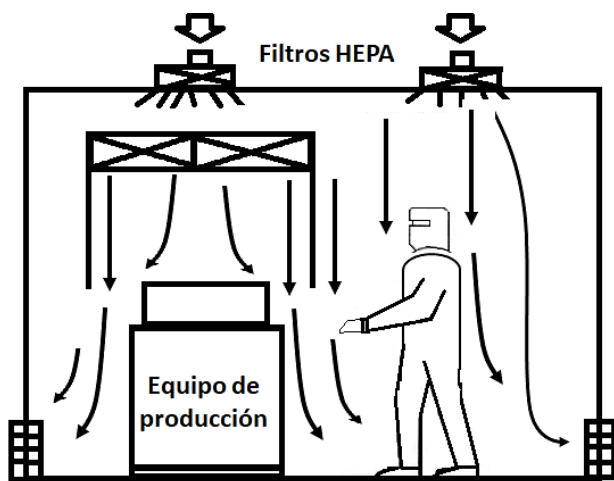
Se establecen protocolos de calificación para demostrar que los equipos, sistemas críticos, instalaciones, personal y proveedores cumplen con los requisitos previamente establecidos, la cual debe ser concluida antes de validar los procesos (ver Tabla 2).

Directrices para la obtención de Salas Limpia Clasificables Cuarto Limpio con Flujo Unidireccional	
Cambios de aire	Realizar medición
Equipo de control y monitoreo	Manómetro de presión diferencial
Filtración del aire	Filtros HEPA de alta eficiencia 99.97% en la retención de partículas de 0.3 $\mu$ , probados y certificados
Intensidad de iluminación	Diseñar a un mínimo de 100 pies candela a nivel de mesa de trabajo, incrementando conforme a necesidades de iluminación. Soportes especiales y las lámparas podrán ser sustituidas desde el interior del área limpia
Piso (Opcional piso elevado)	Piso recubierto con pintura epóxica resistente al polvo y a la grasa
Muros y techos(material)	Se mantendrá un acabado sanitario. Las paredes y el techo podrán ser pintados o recubiertos con material resistente al constante trabajo de limpieza.
Suministro de energía eléctrica	Todos los servicios (canaletas, interruptores, contactos) deberán estar empotrados y al ras de los muros y/o superficies. No deberán estar sobrepuestos. Accesos para servicios y/o mantenimiento deberán ser por el exterior del área limpia o corriente abajo de las áreas críticas
Sistemas de vacío y/o extracción	Extracción para cada acceso o paso de material

**Tabla 2** Características en relación con el diseño y la operación del cuarto limpio

Fuente: elaboración propia [Microsoft Excel]

Se analiza la instalación del sistema de aire del área de Lavado teniendo un flujo de aire unidireccional vertical. El aire entra al cuarto limpio por el techo, a través de filtros HEPA y se expulsa por las rejillas de extracción colocadas en la parte baja de los muros (ver Figura 2).



**Figura 2** Flujo de aire en el cuarto limpio  
Fuente: elaboración propia [CorelDRAW]

Este flujo arrastra la contaminación que se genera en su recorrido, fuera del área limpia de manera rápida y eficaz. Por lo tanto, las partículas generadas en la estación de trabajo son retiradas antes de que puedan adherirse a la superficie. La velocidad del aire está entre 0.3 y 0.45 m/s.

El control de aire contiene un sistema de filtros ventiladores generando un 99.97 por ciento de eficiencia, considerando las fichas técnicas del sistema de filtros HEPA, los cuales son de alta eficiencia para la retención de partículas de  $0.3\mu$  probados y certificados. El objetivo es que los uniformes estén libres de pelusa, polvo u hongos, ya que, si ese uniforme que se emplea en el proceso de pintura automotriz despiden polvo o partículas y éstas a su vez caen sobre la carrocería, al momento de que pasa la pintura va a presentar problemas en la superficie donde se aplique la pintura empleando el overol y la escafandra acondicionada para su uso.

En lo que respecta a instrumentación, se demuestra que la instrumentación del área se encuentra instalada de acuerdo con lo especificado, los dispositivos de medición como manómetros diferenciales, sensores de temperatura y humedad relativa, se encuentran calibrados en función de patrones de referencia, asegurando su trazabilidad con una incertidumbre apropiada. Se mide la eficiencia del equipo de lavado y secado de prendas en función de su carga, considerando por cada ciclo de lavado completo, el consumo de energía eléctrica y de agua.

El control de temperatura y humedad es uno de los factores relevantes que deben monitorearse en el área limpia, debido a que la presencia excesiva de agua en el aire puede contribuir a un crecimiento de bacterias en el ambiente. Considerando la Tabla 3, se presentan los resultados de La temperatura del cuarto limpio cuyo promedio fue de 24.75 °C con una humedad relativa (HR) de 57%.

Hora de monitoreo		Espacio: cuarto limpio (°C)
Día 1	09:00	21
	15:00	30
Día 2	09:00	21
	15:00	29
Día 3	09:00	21
	15:00	27
Día 4	09:00	22
	15:00	29
Día 5	09:00	21
	15:00	26
Día 6	09:00	22
	15:00	28
Tem. Prom.		24.75

**Tabla 3** Monitoreo de temperatura

Fuente: elaboración propia [Microsoft Excel]

## Conclusión

La puesta en marcha de un cuarto limpio requiere un análisis previo para determinar el uso para el cual se pretende generar, de esta forma se podrá determinar la clase de cuarto y las especificaciones de los factores claves que deben de cumplirse. Considerando entonces las variables medidas y las especificaciones de ISO 14644 se pueden establecer condiciones favorables para el correcto acondicionamiento de uniformes antiestáticos.

Es importante tomar en cuenta que se está trabajando con prendas que son propiedad del cliente y lo que se busca es garantizar su correcta funcionalidad, por tanto es primordial establecer herramientas que contribuyan a generar buenas prácticas como protocolos y procedimientos para estandarizar la medición de parámetros claves para su funcionamiento de forma que se puedan establecer acciones para mantener el proceso en control, minimizando riesgos de afectar el proceso de pintura en la industria automotriz, por ello un cuarto limpio con los equipos e instrumentos necesarios para su monitoreo y operación es una forma efectiva de contribuir y sumar la cadena productiva del ramo automotriz.

El estudio de la nanotecnología comprende el trabajar con materiales y estructuras con magnitudes medidas en nanómetros, por ello puede encontrar aplicaciones en materiales, procesos de fabricación y tecnologías empleados para mejorar productos. En este sentido, la nanotecnología aporta un gran número de herramientas y técnicas que permiten mejorar las propiedades de los tejidos, específicamente en la composición de los uniformes antiestáticos empleados en la industria automotriz, a través de modificaciones de su superficie depositando nanomateriales sobre el tejido de las prendas para mejorar sus propiedades antiestáticas, fabricados en tela e hilo antiestático clase 1,000. Empleando al menos un 2% de fibra de carbono extendida por todo el tejido proporcionando una elevada disipación de la carga estática hacia tierra alejando al operario de los peligros en el manejo de disolventes y otros materiales inflamables. Entre los procesos que requieren el empleo de éste tipo de tecnología se encuentra la instalación de equipos electrónicos, el ensamble de componentes eléctrico, cuartos limpios, industria farmacéutica, así como el proceso de pintura de autopartes, entre otros.

## Referencias

ASTM D737-96, *Método de prueba para la permeabilidad al aire de tejidos textiles*, ASTM International, West Conshohocken, PA, 1996, Recuperado de: <https://www.astm.org/DATABASE.CART/HISTORICAL/D737-96.htm>

Castaño, J. C., & Orozco, C. A. (2008). *Metodología para el diseño de cuartos limpios*. Scientia et Technical, 6.

Gupta, A., Kaur, M. & Kaur, A. (2017). *Novel Food Processing Technologies: Clean Room Technology*. India: Nueva agencia editorial de la India

Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2010). *Metodología de la Investigación*. México, D.F.: Editorial McGraw Hill.

ISO 14644-1:2015, *Cleanrooms and associated controlled environments — Part 1: Classification of air cleanliness by particle concentration*

Melo, J. (2009). MUNDO HVAC&R. Recuperado de: <https://www.mundohvacr.com.mx/2009/06/cuartos-limpios/>

NOM-059-SSA1-2015, *Norma Oficial Mexicana para Buenas prácticas de fabricación de medicamentos*.

Reyes, E. (2014). MUNDO HVAC&R. Recuperado de: <http://www.mundohvacr.com.mx/mundo/2014/11/cuartos-limpios-en-la-industria-automotriz/>

Valles, J., Sánchez, E., Carrillo, H., García, F. & Esparza, L. (2015) *Aplicación de buenas prácticas de manufactura en una lavandería industrial con tecnología especializada para el acondicionamiento de uniformes antiestáticos*, (ppm 148-153). Compendio Investigativo de Academia Journals Córdoba 2015: Ciencias, Tecnología, Ingeniería, y Matemáticas, ISBN 978-1-939982-12-4.

Whyte, W. (2010). *Cleanroom Technology. Fundamentals of Design, Testing and Operation*. England: John Wiley & Sons, Ltd.

Sawhney, A. P. S.; Condon, B.; Singh, K. V.; Pang, S. S.; Li, G.; Hui, D. (2008) *Modern Applications of Nanotechnology in Textiles*. Text. Res. J. 731–739.