ALMACENAMIENTO DE AZUCAR PULVERIZADA Y HARINA

En el almacenamiento de materias primas en la industria de alimentos se suele utilizar medios de almacenamiento distintos según el volumen a utilizar como sacos estibados o silos.

En el caso específico de grandes cantidades de harina o azúcar pulverizada se pueden utilizar silos. Los silos son contenedores de distintas formas que pueden tener una capacidad de unos pocos metros cúbicos o de unos centenares, y que pueden ser abiertos o herméticamente cerrados; se utilizan para el almacenamiento o conservación de una extensa gama de productos, bien sea granos, harinas, forraje o líquidos. El almacenamiento de granos en silos es una práctica muy frecuente y su normatividad apunta a las condiciones técnicas de los silos, para garantizar su resistencia, gracias a la presión interna de la carga y a la generada en muchos casos por la fermentación del producto.

Todos los silos tienen aberturas de alimentación, generalmente cerca del extremo superior y, bocas de descarga en la base o a un lado. En los silos cerrados las aberturas están herméticamente selladas, pero a menudo se sitúa una válvula de compensación de presión en lo alto para facilitar el vaciado.

Las superficies interiores deben ser lo mas lisas posibles, por lo cual se cubren con cemento vidriado, resinas sintéticas o una mezcla cuyo componente principal es el vidrio soluble. El objetivo de estos recubrimientos es facilitar el flujo del producto dentro del silo y protegerlo contra materiales corrosivos. Cuando el material almacenado posee poca movilidad se pueden acondicionar tolvas, bien para llenar o descargar el silo, las cuales poseen una inclinación de aproximadamente 28º y a las que pueden adaptarse variantes de diseño como la vibración o el mezclado, para aumentar la velocidad del flujo.

El nivel del llenado del silo es importante al momento de realizar los cálculos del diseño. Durante una explosión se producen fuerzas horizontales y verticales sobre las paredes del silo, las cuales llegan a su máximo valor cuando el silo se encuentra vacío. A medida que el silo tiene más cantidad de producto estas presiones disminuyen y parte del empuje sobre las paredes se sustituyen por el material almacenado. Cuando el silo está lleno no se produce explosión y las presiones que soporta el mismo son las causadas por el producto almacenado.

Peligros.

Los riesgos propios del almacenamiento en silos pueden sintetizarse de la siguiente manera:

❖ **Incendios y explosiones**: este riesgo suele presentarse en el ensilado de polvos como es el caso del almacenamiento de harina de trigo y azúcar pulverizada. Una

Derechos Reservados: Cistema – ARL Sura

explosión de polvo es el resultado de una rápida combustión de partículas combustibles puestas en suspensión, con capacidad para propagarse. Sus efectos son mecánicos (aumento de presión), térmicos (aumento de temperatura) y de producción de humos asfixiantes (consumo de oxígeno).

Para que se produzca una explosión, además de requerir unas características determinadas de las partículas en suspensión y una determinada concentración de oxígeno, es necesaria una fuente de ignición, la cual puede tener un origen diverso:

- Calor procedente de chispas mecánicas y de fricción.
- Equipos electrónicos
- Electricidad estática
- Herramientas alimentadas por baterías
- Llamas abiertas y chispas.

❖ **Accidentes mecánicos y atrapamientos**: el trabajo cerca de tornillos sin fin, elevadores, mezcladores y otras piezas mecánicas pueden atrapar a los trabajadores, por lo que debe prestarse total atención al llenado y vaciado de silos así como a las demás medidas de seguridad diseñadas para prevenir tales accidentes.

Durante el ensilado de granos no debe permitirse que los trabajadores entren en el silo sin tener asegurado un medio de salida, ya que existe el peligro que queden enterrados entre el material moviente.

Espacios confinados: un silo es un espacio confinado, en el cual existe el riesgo de caídas (cuando el silo es vertical), por lo que el equipo de protección debe ser el apropiado para tales casos. La apertura e ingreso a los silos sin las debidas precauciones pueden ocasionar graves lesiones e incluso la muerte a los trabajadores por la cantidad de gases tóxicos generados al interior del silo. Antes de realizar cualquier labor que requiera acercarse a la boca del silo o el ingreso dentro de el debe considerarse como un trabajo de espacios confinados, por lo que deben tramitarse los permisos respectivos y utilizar equipo de protección personal apropiado.

MEDIDAS DE PRECAUCION GENERALES.

Las siguientes medidas preventivas apuntan a reducir los tres grandes riesgos mencionados anteriormente:

Incendios y explosiones

- Controlar las nubes de polvo, especialmente cerca de posibles fuentes de ignición, observando una limpieza completa del área, evitando levantar polvo (prefiera la aspiración) y acudiendo a métodos como separadores magnético para su control.
- Controlar las fuentes de ignición (calor, equipos electrónicos, energía estática, herramientas, llamas abiertas y chispas, etc).
- Procurar un silo lleno permanentemente. Un silo vacío es más propenso a sufrir una explosión que un silo lleno, por las razones explicadas anteriormente.

Derechos Reservados: Cistema – ARL Sura

- No fumar dentro de las instalaciones.
- Evitar la caída de objetos o materiales que puedan generar chispas.
- Seguir los procedimientos de seguridad de las máquinas.
- Prohibir en el área operaciones en caliente (soldadura, corte, pulido, etc.). Estas operaciones deben realizarse de acuerdo a un protocolo previamente revisado y aprobado.
- Utilizar equipos eléctricos seguros.
- Aterrizar todos los contenedores metálicos donde exista flujo de partículas, líquidos o electricidad para evitar la acumulación de cargas estáticas.

Accidentes mecánicos y atrapamientos

- No deben usarse joyería, cabello suelto, ropa amplia o con bolsillos que faciliten el atrapamiento.
- Deben existir protocolos para la realización de operaciones riesgosas como el mantenimiento de piezas mecánicas o la alimentación manual de silos o tolvas.
- Estas áreas de trabajo deben ser de acceso restringido.

Espacios confinados

- No debe penetrarse en un silo hasta que haya circulado aire fresco por medios mecánicos (ventiladores) mínimo durante 30 minutos y con un equipo de respiración autocontenido.
- Si la labor requiere acciones cerca de líneas energizadas o impedir el movimiento de máquinas, interrumpa el fluido eléctrico de las líneas de conducción presentes en el lugar y asegúrelos con ayuda de un candado y/o una etiqueta de peligro, si esto no es posible utilice otra medida como la remoción de un fusible. A continuación fije un aviso que prohíba cambiar el estado del circuito o retirar el candado.
- Realice pruebas de contenido de oxígeno en el aire. El contenido de oxígeno debe estar entre el 19.5% y 21.5%. Monitoree la concentración de vapores en el ambiente. Las concentraciones no deben exceder el 10% de los límites inferiores de inflamabilidad.
- Reúna los equipos de protección personal y de rescate adecuados y pruébelos antes de entrar. Incluya de ser necesario equipo de iluminación, cascos, caretas, escaleras, arneses, cuerdas, elementos de comunicación (radios, pitos), etc. Incluya todo equipo especial de iluminación, herramientas que no produzcan chispas, y otros equipos eléctricos que deban estar disponibles antes de entrar al espacio confinado.
- Diligencie los permisos para la entrada al espacio confinado acatando todas las recomendaciones.

Elementos de Protección Personal

Dependiendo del contenido del silo y de la labor que se realice los elementos de protección personal pueden sufrir variaciones de materiales especialmente en guantes y traje protector, por lo que aquí sugerimos en ese aspecto es a manera de sugerencia.

Derechos Reservados: Cistema – ARL Sura

Si el espacio presenta riesgo de fatiga por calor o por efectos del frío, determine la temperatura y la humedad para establecer si las condiciones de trabajo son adecuadas.

Respiratoria: Mascara full face (cara completa) con un equipo autocontenido.

Traje: Se recomienda utilizar un traje de cuerpo entero con gorro elaborado en materiales como: dril o Tyvek.

Guantes: Se recomienda utilizar guantes elaborados en cuero o carnaza siempre que no se entre en contacto con sustancias químicas

Alturas: el ingreso al un silo requiere de los elementos de protección necesarios mínimos para trabajar en alturas, de manera tal que se garanticen dos cosas: la primera, evitar una caída dentro o fuera del silo, la cual puede ser mortal y la segunda permitir el rescate del trabajador en caso de una caída o inhalación de gases tóxicos emitidos por los materiales almacenadas.

Los arneses y cinturones de seguridad deben cumplir con la Norma ICONTEC 2037 y 2021. Si se usan equipos importados, deben cumplir con las Normas OSHA u otras que tengan un certificado de calidad estampado en él.

En el trabajo en alturas, debe haber contacto con personas que se encuentren permanentemente en la plataforma de trabajo, ya sea en forma visual o por otro sistema de comunicación.

Cada uno de los sistemas existentes, para trabajo en alturas, cumple con un objetivo específico. Es así, como el arnés es considerado el elemento de seguridad por excelencia para el trabajo en alturas. El cinturón de seguridad se ha diseñado con el fin de permitir la ubicación o desplazamiento del trabajador gracias a las argollas que posee, pero no es útil por sí solo para contrarrestar las caídas ya que un trabajador soportado únicamente en él puede sufrir daños severos, al recibir el impacto del descenso en un sólo punto de su cuerpo, además el cinturón sólo distribuye las fuerzas de interrupción en la cintura, mientras que el arnés de cuerpo completo distribuye las fuerzas de interrupción de caída a lo largo de los muslos, la pelvis, la cintura, el pecho y los hombros (figura 2). Un arnés elaborado en tejido elástico evita lesiones durante la caída.

Grafica 1. CINTURONES DE SEGURIDAD

Derechos Reservados: Cistema – ARL Sura

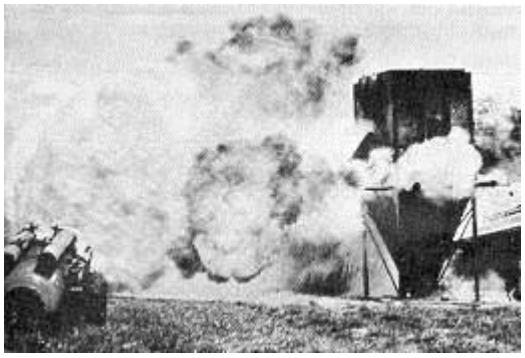
RIESGOS DE INCENDIO Y EXPLOSION EN LA MANIPULACIÓN DE HARINA DE TRIGO Y AZUCAR PULVERIZADA

Figura 2. ARNES CON CINTURON DE SEGURIDAD

Algunas sustancias aparentemente inofensivas, dispersadas en el aire en forma de nube, arden frecuentemente con violencia explosiva. La manipulación de tales sustancias en la industria conlleva la existencia de un riesgo que, de presentarse, puede ocasionar consecuencias catastróficas. Tal es el caso de fábricas de harina y azúcar pulverizada o las industrias que manejan estos productos.

El fraccionamiento de los combustibles (polvo), y su mezcla íntima en el seno del comburente (aire), favorece el aumento de la velocidad de reacción. Las materias orgánicas y metales sólidos pulverulentos, dispersados en el aire en forma de nube, pueden, si son inflamados, generar una explosión con las inevitables consecuencias térmicas y mecánicas propias de este tipo de fenómeno.

Las explosiones en polvos combustibles son del tipo deflagración, caracterizándose por la aparición de un frente de llama que propaga la inflamación a través de la nube de polvo, y la generación de una onda de presión que, a pesar de su pequeño valor (0,1 10 Kg/cm), representa fuerzas inmersas a aplicarse sobre superficies notables (Fig. 3).



Evaluación del riesgo

El sistema de evaluación más comúnmente utilizado es el método empírico introducido por el U.S. Bureau of Mines. Está basado en el cálculo del "Índice de Explosividad" del polvo. Dicho índice se obtiene como producto de otros denominados "Sensibilidad a la Ignición" y "Gravedad Explosiva".

Ambos índices factoriales son calculados para un polvo determinado, por cociente entre varias características explosivas de dicho polvo, y del polvo del "Carbón de Pittsburgh" que se utiliza como patrón.

Derechos Reservados: Cistema – ARL Sura

Sensibilidad a la ignición =

$$= \frac{\text{TMI x CME x EMI (Carbón Pittsburgh)}}{\text{TMI x CME x EMI (Polvo a investigar)}}$$

Gravedad explosiva =

$$= \frac{\text{PME x GMP (Polvo a investigar)}}{\text{PME x GMP (Carbón Pittsburgh)}}$$

Índice de explosividad =
= Sensibilidad a la ignición x Gravedad explosiva

Las convenciones usadas son:

- TMI - Temperatura mínima de inflamación en grados centígrados.
- CME - Concentración mínima explosiva en gramos de polvo por litro de mezcla polvo-aire.
- EMI - Energía mínima de inflamación en milijulios.
- PME - Presión máxima de explosión en libras/pulg.^{2}
- GMP - Gradiente máximo de crecimiento de la presión en libras/pulg.^{2} x seg.
-

Los valores necesarios para el cálculo de los índices están recogidos para un gran número de sustancias en tablas contenidas en la bibliografía técnica. Los índices antes mencionados se relacionan empíricamente con el riesgo de explosión

Sensibilidad a la ignición	Gravedad Explosiva	Índice de Explosividad	Riesgo de Explosión
< 0,2	< 0,5	< 0,1	Débil
0,2 ÷ 1	0,5 ÷ 1	0,1 ÷ 1	Moderado
1 ÷ 5	1 ÷ 2	1 ÷ 10	Fuerte
> 5	> 2	> 10	Muy Fuerte

Para el caso específico del azúcar pulverizado y la harina de trigo se consideran sustancias con riesgo de explosión muy fuerte.

Medidas de prevención

Son aquéllas que se adoptan para evitar que se inicien explosiones. Para que se produzca una explosión es necesario:

Derechos Reservados: Cistema – ARL Sura

1. Una nube de polvo, con una concentración de polvo que supere la concentración mínima de polvo y oxígeno.
2. Un foco de ignición que aporte una energía superior a la energía mínima de ignición del polvo.

Siendo necesaria la coexistencia en espacio y tiempo de ambos factores, la eliminación preventiva de ellos o de aquellas circunstancias que favorezcan su aparición, impedirá preventivamente la explosión.

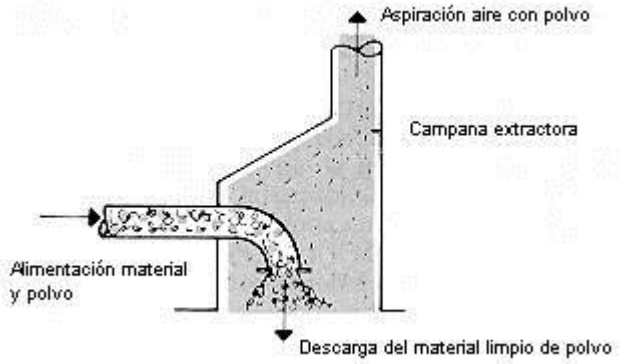
Actuación sobre el polvo combustible

Dicha actuación contempla los siguientes aspectos:

Limitar la existencia de combustible

Programando la limpieza periódica de depósitos de polvo en puestos de trabajo, ciclones, conducciones, filtros, etc.
Evitando la formación de depósitos por un diseño correcto de las conducciones que evite los codos, cambios bruscos de sección, etc., y programando una revisión y mantenimiento periódicos que limite las fugas (figura 4).

Instalando aspiración localizada en puntos donde se generen nubes de polvo (figura 5).



Evitando la formación de nubes de polvo limitando la caída libre.

Transformar el polvo en incombustible

1. Manejando el polvo por vía húmeda.
2. Inertizando el polvo por mezcla con el mismo de un producto incombustible en una proporción suficiente (mínimo 50%).

Derechos Reservados: Cistema – ARL Sura

Disminuir la concentración de oxígeno

Manejando el polvo en atmósfera inerte mediante la adición de N_2 o $C0_2$ hasta que la concentración de oxígeno sea inferior a un porcentaje propio para cada polvo que se determina experimentalmente.

Eliminar los focos de ignición peligrosos

1. Eliminando las llamas en zonas con instalaciones de polvo: hornos, hogares, calderas, fumar y útiles de ignición, etc. Creación de áreas seguras para fumadores.
2. Estableciendo permisos en trabajos de mantenimiento con riesgo, supervisados por persona competente en seguridad.
3. Instalando dispositivos de corte sensible a la sobrecarga de corriente eléctrica como protección de motores de unidades que puedan sobrealimentarse.
4. Instalando separadores neumáticos y magnéticos que eliminen objetos extraños (piedras, trozos de metal, etc.).
5. Programando mantenimiento periódico de elementos de fricción (cojinetes, hélices, cintas, cangilones, etc.).
6. Instalando equipo eléctrico que evite la generación de chispas o acumulación de carga estática.
7. Interconectando todas las masas metálicas entre sí y a su vez a una toma de tierra de resistencia limitada.

Autoignición

1. Enfriando el polvo antes de su almacenamiento.
2. Controlando la temperatura en almacenamientos (silos) mediante sensores térmicos.
3. Controlando la humedad.
4. Controlando la contaminación de los materiales a almacenar.

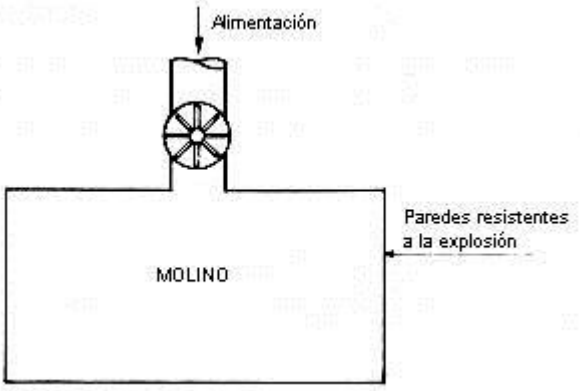
Medidas de protección

Son aquellas que se adoptan para limitar las consecuencias de una posible explosión:

Confinamiento

Diseñando la planta o unidad de forma que sea capaz de soportar la presión generada confinando la explosión.

Derechos Reservados: Cistema – ARL Sura

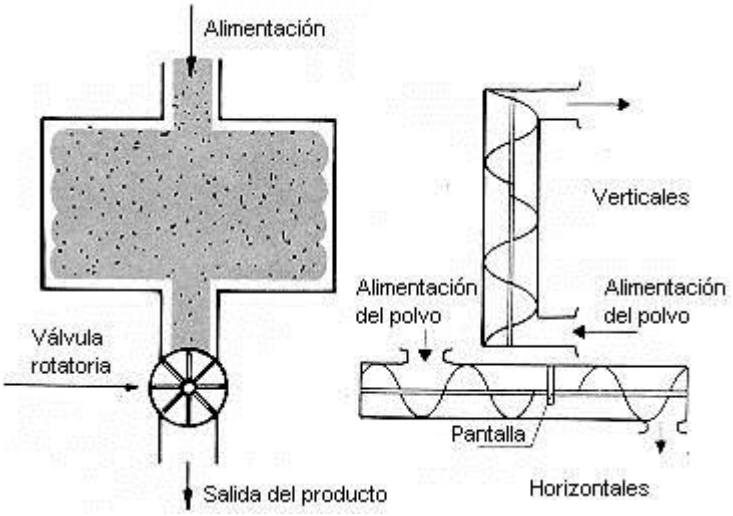


Es un sistema delicado cuya adopción queda limitada en la práctica a pequeñas unidades.

Separación

Aislando diferentes unidades de la planta de forma que, si se genera una explosión en una de ellas, no se pueda propagar a las vecinas.

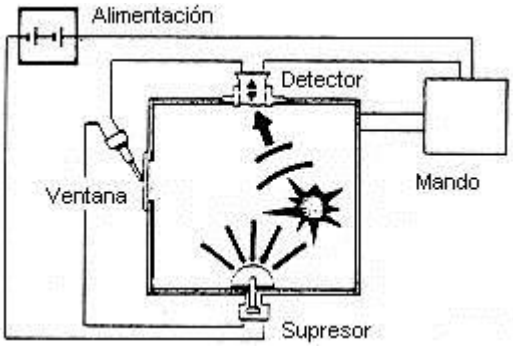
Esto se puede conseguir instalando tapones en forma de válvulas rotatorias, transportadores helicoidales incompletos o con bafles que incomuniquen las unidades entre sí.



Supresores de explosión

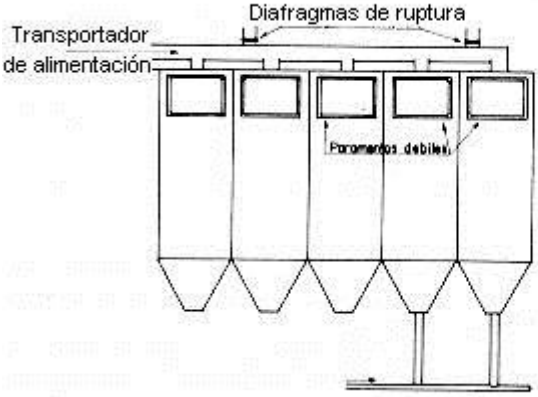
Instalando los citados supresores que, tras la detección de la sobrepresión generada por la explosión, provocan la inundación de la zona con un polvo extintor o halón en milisegundos. En la práctica esta medida queda limitada a instalaciones no muy grandes.

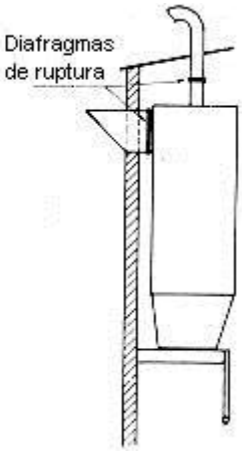
Derechos Reservados: Cistema – ARL Sura

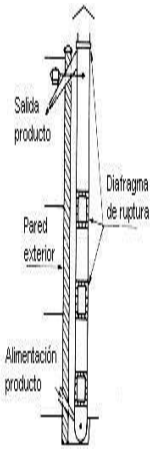


Paramentos débiles

La protección por paramentos débiles (diafragmas de ruptura) está basada en la previsión de superficies débiles en conducciones, unidades de proceso, almacenamiento y edificios de forma que en caso de explosión cedan sin provocar daños al resto de la estructura como las mostradas en las figuras siguientes:







Es la medida más barata, sencilla y difundida.

En caso de explosión, al ceder los paramentos débiles, por ellos se evacuarán gases, llamas y polvo ardiendo, por lo que su ubicación debe estudiarse con cuidado para no provocar incendios secundarios ni que resulten personas lesionadas.

Para su diseño debe estudiarse con cuidado la bibliografía especializada. En el capítulo 7 de la norma NFPA 68 Guide for Venting of deflagrations se encuentran ecuaciones para calcular el área de los paramentos según el volumen de los ductos o silos que almacenan o transportan polvos y que se recomienda consultar.

Cuando los paramentos deban ser instalados en conductos y otras unidades en que una de las dimensiones sea mucho mayor que las otras puede utilizarse la superficie aconsejada según el gradiente de presión pero fraccionando la superficie. Por ejemplo, para conducciones se distribuirá la superficie total en varios paramentos de forma que exista uno de ellos al menos cada 20 veces el diámetro de la sección; además se

Derechos Reservados: Cistema – ARL Sura

situará un paramento débil cerca de cada irregularidad como codos, cambios de sección, ventiladores, etc.

NORMAS NFPA RELACIONADAS

Además de la información aquí consignada se debe consultar detenidamente las siguientes normas NFPA que contienen información más detallada para la prevención de los riesgos de incendio y explosión con polvos combustibles:

- NFPA 61: Standard for the prevention of fires and dust explosions in agricultural and food processing facilities.
- NFPA 68 Guide for venting of deflagrations.
- NFPA 69 Standard on explosion prevention systems
- NFPA 77 Recommended practice on static prevention
- NFPA 499 Recommended practice for the classification of combustible dust and of hazardous (classified) locations for electrical installations in chemical process areas
- NFPA 654 Standard for the prevention of fire and dust explosions from manufacturing, processing and handling of combustible particulate solids.

Fuentes Consultadas:

1. 29-CFR-1926. Occupational Safety & Health Administration, OSHA.
2. Catalogo de equipo de seguridad MSA. 1996-97. P. 218-220.
3. Enciclopedia de Salud y Seguridad en el trabajo. Oficina Internacional del Trabajo. Edición Dr. Luigi Parmeggiani. P.467a 471; 645 a 647; 2264 y 2265.
4. FERNÁNDEZ, García Javier y Otro. Explosiones de Polvo en los Silos Agrícolas. Mapfre Seguridad. No. 82. Segundo trimestre 2001.
5. National Fire Codes. Electronic Edition. October 2003.
6. http://internet.mtas.es/Insht/ntp/

Nota: La información anterior se proporciona a manera de orientación. Está basada en fuentes consideradas veraces, y acatarla o no depende exclusivamente del usuario. El autor no se hace responsable por las consecuencias derivadas de la aplicación de estas recomendaciones.

- Fecha de impresión: 29/04/2015

- Elaborado por:

CISTEMA – ARL SURA