



CÁMARA ARGENTINA  
DE LA CONSTRUCCIÓN



# Buenas prácticas en tecnologías de estabilización para Caminos Rurales

## Estabilizaciones Hidráulicas

Ing. Diego Calo

“La premisa fundamental de toda obra caminera consiste en el uso intensivo de los materiales localmente disponibles. Esto nos orienta hacia la utilización del material más económico y abundante del que se dispone, el suelo, que constituye la superficie del propio camino que se quiere mejorar.”

- El tratamiento de los suelos con cal o cemento, es una técnica bien experimentada y de probada eficacia para su mejoramiento o estabilización. Mediante la incorporación de cal o cemento en las proporciones requeridas, se logra reducir la sensibilidad al agua y aumentar en mayor o menor medida su resistencia a la deformación bajo cargas.
- Para este tipo de estabilizaciones también pueden emplearse los ligantes hidráulicos viales (LHV), que son productos elaborados en fábrica y listos para usar, compuestos generalmente por clinker, cal y adiciones minerales.



# PRINCIPALES APLICACIONES

- Estabilización de Caminos vecinales y rurales
- Tratamiento de suelos de baja capacidad soporte o alta plasticidad.
- Modificación o estabilización de terraplenes
- Corrección de suelos de sub-rasantes débiles o pobres
- Conformación de capas estructurales de pavimento (Base, Subbase o recubrimientos).
- Reciclado de Pavimentos deteriorados.



Según cual fuera el objetivo del tratamiento, se suele distinguir entre suelos mejorados y suelos estabilizados

## Suelos mejorados o corregidos:

- Se refiere específicamente al tratamiento de suelos pobres, de mediana o alta plasticidad y que en ocasiones cuentan con humedades naturales excesivas, que presentan dificultades de compactación, expansividad, sensibilidad al agua y baja capacidad soporte.
- Mediante su tratamiento se logra modificar las características del suelo, reduciendo su plasticidad, expansividad y mejorando su capacidad soporte.
- Para este tratamiento tanto la cal, como el cemento y los Ligantes hidráulicos, son aptos para esta corrección. La dosis que se requiere suele ser relativamente baja.

## Suelos estabilizados (Suelo Cal — Suelo Cemento — Suelo Ligante):

- Con ello se persigue la conformación de una capa rígida capaz de soportar las exigencias de tránsito y clima).
- En función de las características del suelo del lugar las opciones de estabilización que resulte más conveniente.

Suelo baja plasticidad  
(IP < 12-15)

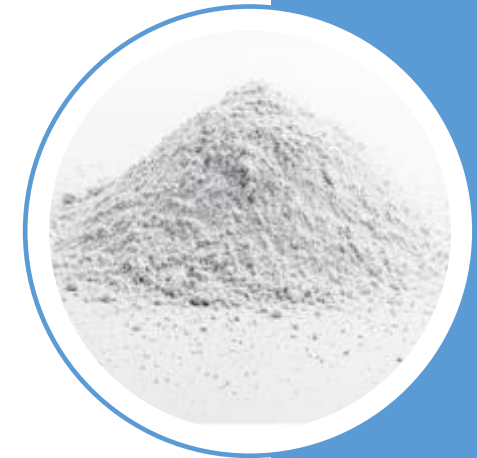
Cemento  
Ligante Hidráulico Vial

Suelos de moderada — alta  
plasticidad (IP > 15)

Cal  
Cemento  
Pretrat con Cal + Cemento  
Ligante Hidraulico Vial



- Puede ser cal hidratada, hidráulica, aérea o viva.
- En nuestro país, estos productos se encuentran reglamentados según las normas IRAM 1508 "Cal hidráulica de origen natural, hidratada, en polvo, para construcción", IRAM 1626 "Cal aérea hidratada, en polvo, para construcción" e IRAM 1628 "Cal viva aérea para construcción".
- Debe resaltarse que estos productos se encuentran normalizados para múltiples usos en la construcción y, hasta el momento, no existen en el ámbito local normas específicas para uso vial. En atención a esto, los requisitos normativos que interesan principalmente para la modificación y estabilización de suelos son aquellos relativos a la finura y contenido de cal útil
- Para la corrección de suelos, los mejores resultados se consiguen mediante el empleo de cales aéreas (Elegir la cal con mejor índice Contenido de Cal Útil Vial / Precio). La dosis de cal a emplear se determina en laboratorio analizando los parámetros que se intenten corregir o mejorar (plasticidad, Valor Soporte)
- Para la elaboración de suelo-cal, primero debe determinarse que el suelo sea reactivo. Los mejores resultados se obtienen con cales hidráulicas. El contenido de cal se define a partir del alcance de la resistencia objetivo establecida para la aplicación.



6



- El cemento a emplear en la modificación o estabilización de suelos debe encuadrarse dentro de los requisitos establecidos en la norma IRAM 50000 “Cementos. Cementos para uso general. Composición y requisitos”.
- Si bien la normativa permite clasificarlos según diferentes tipos de acuerdo a su composición (normal, fillerizado, puzolánico, compuesto, de escoria o de alto horno) y categoría resistente (C30, C40 y C50), se destaca que cualquiera de ellos resulta apto para el mejoramiento y estabilización de todo tipo de suelos.
- De cualquier manera, resulta importante verificar siempre que el cemento a emplear se encuentre certificado de acuerdo a lo establecido en la Resolución 54/2018 de la Secretaría de Comercio de la Nación.

# LIGANTES HIDRAULICOS VIALES

- Los ligantes hidráulicos viales han sido desarrollados a partir de la década del 80 en Francia y Alemania y desde entonces han tenido una importante evolución.
- Un ligante hidráulico vial es un conglomerante hidráulico elaborado en fábrica, que es suministrado listo para su uso y cuyas propiedades son específicamente diseñadas para el tratamiento de diferentes tipos de suelos.
- Esto permite posicionar a los ligantes hidráulicos viales, de acuerdo a la formulación que realiza el fabricante, como un producto capaz de combinar los efectos positivos de las cal, el cemento así como de otras adiciones minerales.
- En países de Europa, donde los ligantes hidráulicos viales han alcanzado un desarrollo importante, se encuentran enmarcados dentro de la familia de normas UNE-EN 13282. Dentro de esta norma se pueden configurar dos tipos de LHV: los de rápido endurecimiento y los de endurecimiento normal.





## SUELO CEMENTO — SUELO LIGANTE

- El suelo-cemento es un material estructural compuesto de suelo y cemento, mezclados en forma íntima y compactados a máxima densidad con un contenido de humedad óptima antes de la hidratación del cemento.
- El suelo-cemento compactado contiene adecuada cantidad de cemento para endurecer el suelo, y la humedad óptima de compactación es más que suficiente para permitir la hidratación del cemento.
- Una vez endurecida, la mezcla tiene la resistencia necesaria para soportar las tensiones a que la someten las cargas del tránsito y el intemperismo.
- Si bien está diseñado para soportar las exigencias de clima y tránsito, posee una resistencia a la abrasión limitada.

**Los Ligantes Hidráulicos Viales aparecen como una opción alternativa al cemento para la elaboración de capas de Suelo - Cemento**

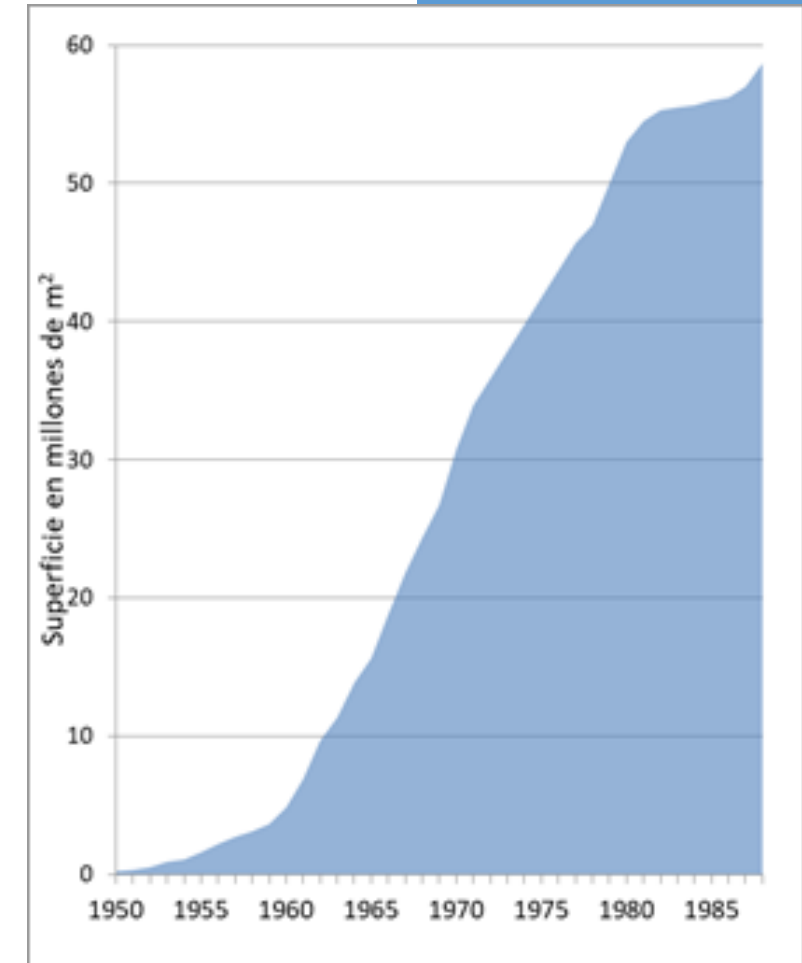




## DESARROLLO HISTÓRICO

- El suelo cemento como opción para la estabilización de caminos es una técnica tradicional, bien experimentada y de probada eficacia.
- La etapa inicial, de este desarrollo corresponde al período 1900-1930, donde la fabricación de los automóviles impulsó la necesidad de nuevas redes viales, y de allí la necesidad de experimentar con soluciones que permitiesen un mejor aprovechamiento de los suelos localmente disponibles.
- Esta primera etapa de experimentación avanzó a partir de allí a una segunda fase de desarrollo tecnológico (1930 — 1950) donde la técnica comenzó a establecerse a partir de los diferentes métodos de ensayo y especificaciones técnicas, y en la que fueron pioneros en este período los Estados Unidos y diferentes países de Europa.
- En nuestro país, las primeras experimentaciones fueron realizadas durante la década del 30, en coincidencia con las primeras obras de pavimentación de la red vial primaria.

Bases y subbases de suelo cemento construidas por la Dirección de Vialidad de la Provincia de Buenos Aires, con capa de rodamiento bituminosas (Fuente: ICPA. División Estadísticas) →



## CARACTERÍSTICAS

- Permite el aprovechamiento de los suelos de la traza, siendo posible mejorar sus propiedades hasta el grado deseado.
- **Proporciona una elevada capacidad soporte**, disminuyendo las tensiones en las capas inferiores y aumentando su vida útil.
- **Elimina los efectos de consolidación** de materiales de base o subbase por la acción repetitiva de las cargas.
- Mejora la estabilidad de los suelos, tanto por la **reducción de su sensibilidad al agua y a las heladas, como por el incremento de su resistencia a la erosión**.
- Dependiendo del tratamiento utilizado, puede permitir el paso inmediato del tráfico de obra.
- Se disminuyen las molestias ocasionadas por el tráfico de obra y los daños a la red de caminos adyacentes asociados con las operaciones de transporte originadas por el reemplazo de suelos.
- Ofrece una solución de **transitabilidad permanente bajo cualquier condición de clima** en vías de bajo tránsito (No Pavimentadas)

## LIMITACIONES

Las limitaciones para el tratamiento o la estabilización de suelos con cemento, cal o ligantes son fundamentalmente relacionados a contenidos elevados de sulfatos solubles (pudiendo generar problemas de hinchamiento por la formación de etringita) o de materia orgánica (puede inhibir o retrasar el endurecimiento de la mezcla y afectar la resistencia final).

## DOSIFICACIÓN

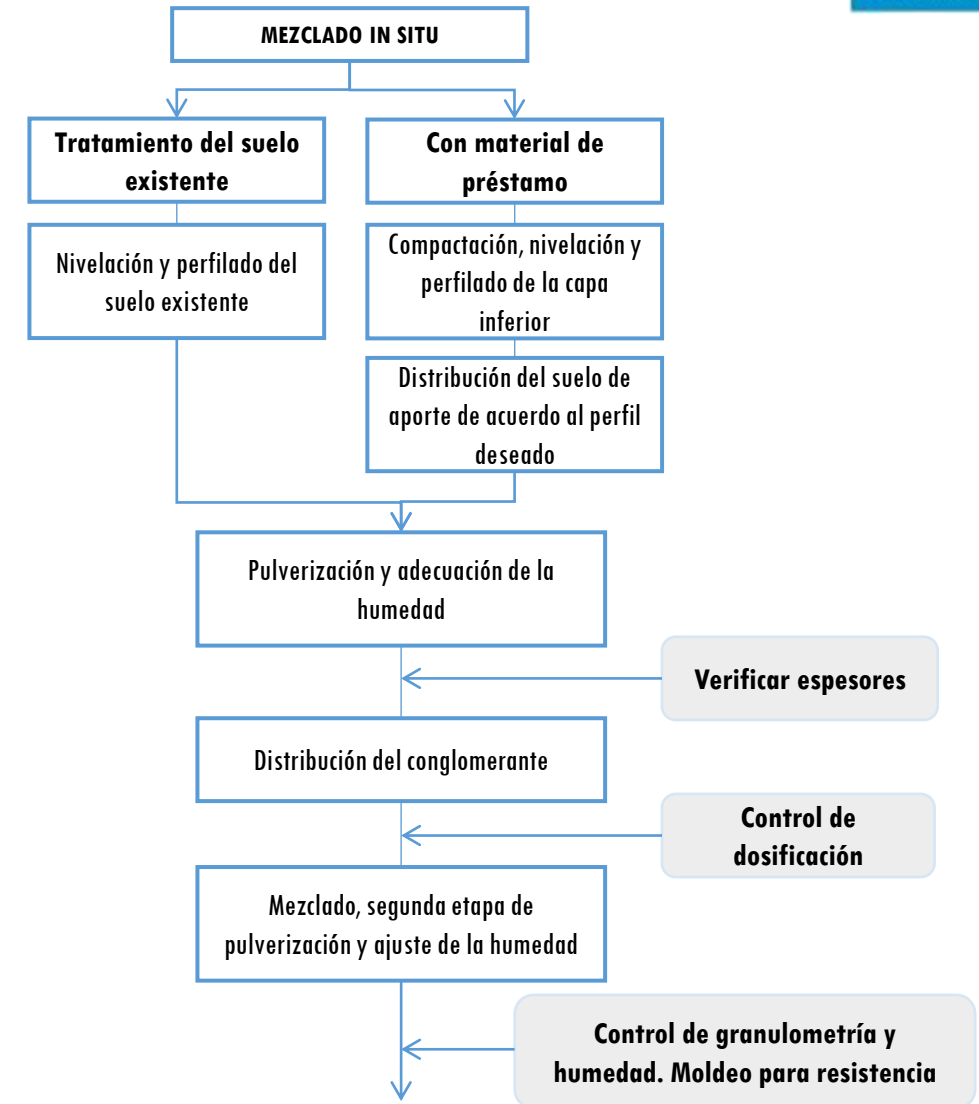
- Prácticamente todos los suelos y combinaciones de suelo pueden endurecerse con cemento o ligantes.
- No necesitan estar constituidos por agregados bien graduados, ya que la estabilidad se obtiene principalmente por medio de la hidratación del cemento y no por la cohesión y fricción interna propia de los materiales.
- La adaptabilidad de los suelos para ser tratados puede juzgarse antes de ser ensayados, sobre la base de su gradación y sus características.
- Las cantidades de ligantes y agua a añadir y la densidad a la cual la mezcla debe compactarse se determinan por ensayos.
- La dotación se establece a partir de ensayos de desempeño en los que se analiza su durabilidad y resistencia mecánica.
- En la medida que se reduzca la calidad del Suelo, se incrementará la cantidad de ligante necesaria. Las dosis usuales se ubican entre el 5% y el 10% en peso.







## TAREAS PREVIAS — PULVERIZACIÓN - MEZCLADO



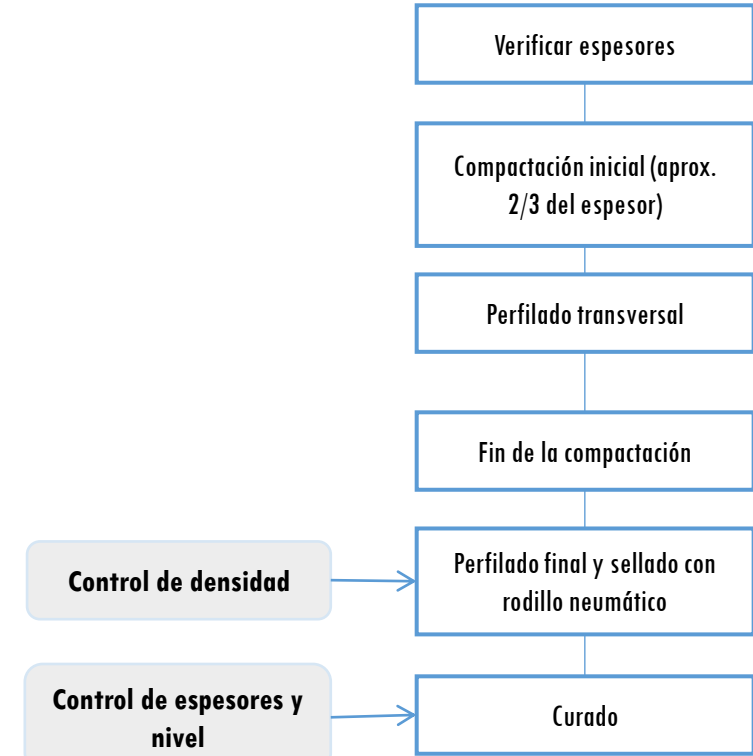




Fuente: Wirtgen Group



## COMPACTACIÓN — PERFILADO — SELLADO - CURADO





## Agregado pétreo en la capa de rodamiento



30 kg/m<sup>2</sup> de agregado 6-20 en la capa de rodamiento

## Imprimación Reforzada



Emulsión de corte lento más 8 kg/m<sup>2</sup> de agregado 0-6

## MAF – TBS – CAPE SEAL

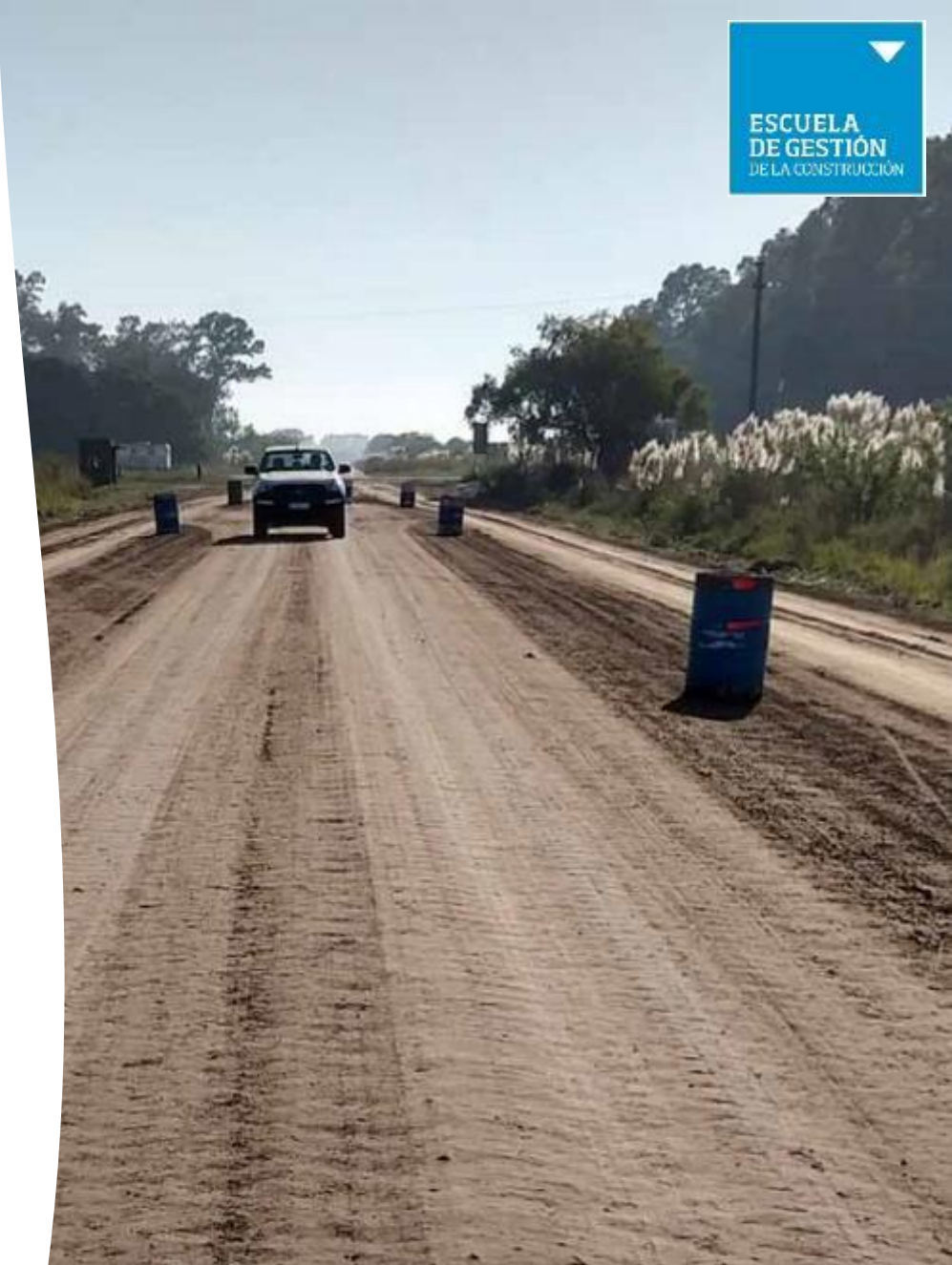


Aplicación de Microaglomerado o Tratamiento Bituminoso superficial

Fuente: Ligantes Hidráulicos de Uso Vial. P. Belenky (Holcim Argentina). Ciclo de Conferencias AAC 2021. Buenas prácticas en tecnologías de estabilización para Caminos Rurales

## ASPECTOS CLAVES

- Previo a cualquier trabajo de estabilización, deberá realizarse una etapa previa de estudio en laboratorio. Allí se define a partir del tipo de suelo de la traza, el/los ligantes a emplear, las dotaciones requeridas y el tiempo abierto de trabajo (plazo de trabajabilidad).
- Una vez definido el tiempo abierto de trabajo, y el equipamiento disponible para esta tarea se define las longitudes de “cancha” en las que se realizaran los correspondientes avances en el frente de obra.
- El procedimiento debe respetar la secuencia de ejecución establecida, sin demoras ni detenciones hasta completar los trabajos. Luego de la distribución del cemento o ligante, es crucial que se complete el procedimiento constructivo dentro del plazo de trabajabilidad.
- La prepulverización del suelo es otro aspecto importante a tener en cuenta. El correcto desmenuzado de partículas, resulta fundamental para alcanzar una capa homogénea y correctamente estabilizada.
- Resulta recomendable prever para la carga del material, la colocación de un espesor de sacrificio, de manera que este sea removido en las operaciones de corte (evitando así la formación de valles).
- Es importante prestar especial recaudo a las juntas de construcción, ya sea transversales o longitudinales, para evitar la aparición de zona débiles en estas localizaciones.





## SÍNTESIS FINAL

- El tratamiento de los suelos con cal o cemento, es una técnica bien experimentada y de probada eficacia para su mejoramiento o estabilización, constituyendo en forma individual o combinada las opciones de estabilización hidráulicas tradicionales.
- Para este tipo de estabilizaciones también pueden emplearse los ligantes hidráulicos viales (LHV), que son diseñados específicamente considerando las características del suelo existente.
- El suelo cemento (o también suelo - ligante hidráulico) como opción para la estabilización de caminos brinda importantes ventajas para este tipo de aplicación (Resistencia Estructural, Ausencia de consolidación, menor sensibilidad al agua y heladas) lo que le permite ofrecer condiciones de transitabilidad permanente bajo cualquier condición de clima.
- Como cualquier trabajo de estabilización, la técnica requiere respetar los procedimientos que hacen a la buena práctica, prestando especial atención y cuidado a los puntos claves mencionados.