

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE PISOS DE HORMIGÓN PARA INSTALACIONES DE ORDEÑO Y ANEXOS

Begliardo Hugo, Taverna Miguel, Walter Emilio, Ghiano Jorge, Bianchotti Cattaneo,
Jezabel y Rodriguez Analía Valeria



Especificaciones técnicas para la construcción de pisos de hormigón para instalaciones de ordeño y anexos / Hugo Begliardo ... [et.al.]. - 1a ed. – Rafaela, Santa Fe : Ediciones INTA, 2015.
E-Book.

ISBN 978-987-521-608-2

1. Construcción. 2. Pisos Cemento. 3. Instalaciones Ordeño. I. Begliardo, Hugo
CDD 690

Fecha de catalogación: 13/04/2015

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE PISOS DE HORMIGÓN PARA INSTALACIONES DE ORDEÑO Y ANEXOS

Begliardo¹, Hugo.; Taverna^{2,1}, Miguel.; Walter², Emilio.; Ghiano², Jorge.;
Bianchotti³ Cattaneo, Jezabel y Rodriguez³, Analía Valeria

¹ Universidad Tecnológica Nacional. Delegación Rafaela.

² Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. EEA Rafaela.

³ Becario de la Universidad Tecnológica Nacional. Delegación Rafaela.

Proyectos vinculados

PID. "Aportes al mejoramiento constructivo de instalaciones de ordeño" (UTN)

PNPA 1126044. "Inocuidad, calidad, herramientas de innovación y bienestar animal en leche" (INTA).

PRET1 112601. Contribución al desarrollo territorial sustentable de la zona ganadera del centro norte de Santa Fe (INTA CRSF)

INTRODUCCIÓN	3
1.BASE DE SUSTENTO DEL PISO	4
1.1.Compactación	4
1.2.Humedad	4
1.3.Densidad de compactación	5
1.4.Alternativas para mejorar la resistencia de la base	6
1.4.1.Suelo-cal	6
1.4.2.Suelo-cemento	7
1.4.3.Cómo ejecutar estabilizados de suelo-cal o de suelo-cemento	8
2.HORMIGÓN	11
2.1.Materiales a emplear	11
2.2.Uso de armadura o malla	13
2.3.Espesores de pisos en tambos	13
2.4.Pendientes	14
2.5.Provisión	14
2.5.1.Hormigón preparado en Planta Elaboradora	14
2.5.2.Hormigón preparado en obra	16
2.6.Colocación	20
2.6.1.Vibrado	20
2.6.2.Curado	21
2.6.3.Juntas	22
3.ACABADO SUPERFICIAL DEL PISO DE HORMIGÓN	26
3.1.Texturizado	26
3.2.Ranurado	27
3.2.1.Ranuras paralelas	28
3.2.2.Ranuras cruzadas y hexagonales	31
4.SÍNTESIS DE LOS PASOS CLAVES PARA CONSTRUIR PISOS DE HORMIGÓN	35
5.BIBLIOGRAFÍA	40

INTRODUCCIÓN

El tema “tipo de pisos” aparece como un punto crítico dentro del diseño de instalaciones de ordeño y anexos. Un diseño constructivo incorrecto tiene numerosas consecuencias negativas:

- Afecta la salud y bienestar de los animales (los problemas podales y la caída de vacas representan una de las principales causas de descarte no voluntario).
- Limita una fluida circulación de las vacas.
- Afecta los tiempos de lavado, el consumo de agua y la higiene general de la instalación.
- Eleva el costo de la inversión si resulta necesario reemplazarlo anticipadamente.

Ciertos objetivos constructivos se presentan de forma casi antagónica. Así, por ejemplo, optimizar la adherencia puede requerir un piso excesivamente abrasivo, situación que acelera el desgaste del casco podal. La fricción óptima que favorece una adecuada adherencia depende de si el animal circula en línea recta, si debe doblar, si acelera el paso (comportamiento de fuga), si desacelera (detiene la marcha) o de la suciedad del piso (en un piso sucio, las posibilidades de patinada son mucho mayores).

Estas situaciones plantean la necesidad de considerar diferentes “tipos de pisos” para distintas partes de una misma instalación de ordeño. Este enfoque, considerando inclusive la utilización de materiales sintéticos para ciertos sectores, aparece como la orientación a privilegiar.

Por otra parte, los pisos deberían acompañar la vida útil de la instalación. Sin embargo, es común observar rápidos deterioros asociados a errores constructivos, los cuales aparecen reflejados de la siguiente manera: a) la exposición de los agregados (piedras, arena) a causa de la pérdida de la pasta de cemento (Figura 1); b) el alisamiento de la superficie con los consiguientes riesgos de resbalamientos (Figura 2); c) la desagregación en el hormigón a causa del ataque de los diferentes agentes químicos; d) el hundimiento del terreno, base de apoyo del piso, con posterior rotura del hormigón, debido a las filtraciones a través de fisuras y juntas (Figura 3) y e) la corrosión de las armaduras, que genera un proceso expansivo, provocando fisuras y rotura del material.



Figura 1. Exposición de los agregados debido a la pérdida de la pasta de cemento en corral espera.

Figura 2. Alisamiento de superficie por desgaste, con exposición de piedras en sala de ordeño.

Figura 3. Hundimiento de piso en corral de espera.

El objetivo de la presente publicación es poner a disposición de productores y profesionales un conjunto de recomendaciones que posibiliten una adecuada construcción de los pisos de las instalaciones de ordeño y anexos. En la redacción fueron privilegiados aspectos prácticos y las especificaciones técnicas se presentan como manual de buenas prácticas constructivas.

El trabajo fue estructurado en cuatro partes. La primera describe los pasos para construir una correcta base de sustento del piso, uno de los aspectos claves de su duración. En la segunda, se define el tipo de hormigón a utilizar y cuáles serían las condiciones operativas para su correcto uso. Posteriormente, se mencionan los detalles de acabado y terminación. Por último, se realiza un listado sintético de los aspectos más importantes a tener en cuenta para lograr pisos con un adecuado diseño y durabilidad.

1. BASE DE SUSTENTO DEL PISO DE HORMIGÓN

1.1. Compactación

La compactación adecuada de la base que va a soportar el piso de hormigón es un factor determinante de su durabilidad. La compactación densifica el suelo y le otorga resistencia al aumentar el contacto los granos entre sí, expulsando el aire de los poros. Esta mayor resistencia limita el lavado de las partículas finas del suelo, evitando los socavones.

Como primer paso para compactar, se debe eliminar el suelo vegetal¹ del lugar donde se construirá el nuevo piso. Seguidamente, el cuenco generado se completará con suelo nuevo, terraplenando por medio de capas de reducido espesor y compactándolas hasta alcanzar el nivel de apoyo del piso.

En la región del centro-oeste santafesino y este cordobés, habitualmente se emplea la denominada “tierra colorada”. Éste es un suelo limo-arcilloso de regular a pobre capacidad para ser usado como terreno de fundación. Sin embargo, compactándolo adecuadamente alcanzará la aptitud suficiente para apoyar el nuevo piso.

En superficies amplias, una compactación ideal de este tipo de suelos se consigue mediante el paso de rodillos pata de cabra sobre sucesivas capas de suelo suelto dispuestas en espesores no superiores a 15 cm (Figura 4).

En sitios de reducidas dimensiones se pueden utilizar vibro-apisonadores, que son equipos portátiles accionados generalmente por un motor a nafta o gasoil (Figura 5). En este caso las capas de suelo suelto a compactar deben ser de menor espesor (aproximadamente de 8 a 10 cm), adecuándolas a las características del equipo.



Figura 4. Rodillos pata de cabra.



Figura 5. Vibro-apisonador.

En lo posible, se recomienda no realizar el compactado con pisón de mano, puesto que esta práctica no garantiza los resultados deseados.

1.2. Humedad

Los suelos finos cohesivos, como las arcillas o los limo-arcillosos, se comportan como plásticos dentro de un rango de humedad importante. Cuando el contenido de humedad está próximo a su límite superior, la masa pasa a ser viscosa (si se sobrepasa tiende a fluir como un líquido). En cambio, cuando está cercano a su límite inferior, la masa tiende a endurecerse. Porcentajes de humedad cercanos a estos extremos no son buenos, porque comienzan a aparecer dificultades para el moldeo o el amasado.

¹Suelo vegetal: es el perteneciente al clásico Horizonte “A”, según se lo identifica edafológicamente; en la región del centro-oeste santafesino, si bien es variable, puede alcanzar un espesor del orden de 20 a 30 cm y usualmente se lo denomina “tierra negra”.

En la práctica, la determinación del porcentaje de humedad óptimo y el valor de densidad máxima posible de alcanzar, se realiza mediante un ensayo de laboratorio vial denominado "Proctor Estándar" (Rosetti y Begliardo, 2005). Cuanto mayor sea la energía de compactación del equipo, menor será la humedad requerida. Para los suelos limo-arcillosos del centro-oeste santafesino y este cordobés, los valores de humedad óptima empleando rodillos pata de cabra suelen estar en el entorno del 20 al 24 %, alcanzándose valores de densidad seca que van de 1,45 a 1,55 g/cm³ (1.450-1.550 kg/m³).

En obra se procurará lograr y mantener la humedad del suelo surgida de dicho ensayo, humedeciéndolo o aireándolo con cualquier implemento de cultivo (p.ej., un arado) hasta conseguirla. El exceso de humedad se puede reducir mediante el espolvoreo y mezcla con cal hasta permitir el tránsito del rodillo pata de cabra, o el paso del vibro-apisonador.

En el caso de no disponer de los señalados valores de laboratorio, se deberá recurrir a una medida práctica que consiste en tomar un puñado de suelo con la mano y presionarlo. La humedad próxima a la ideal para compactar es aquella que permite moldearlo fácilmente en forma de terrón, dejando la impronta de los dedos marcados en la muestra, sin exudación o aparición de brillo sobre la misma (Figura 6). De partirse el terrón en dos porciones, el suelo no debe desmenuzarse (Figura 7).



Figura 6. Suelo con contenido de humedad cercano al óptimo para compactar (muestra de laboratorio).



Figura 7. Suelo con contenido de humedad cercano al óptimo: el terrón partido no debe desmenuzarse (muestra de laboratorio).

1.3. Densidad de compactación

Se recomienda alcanzar en obra al menos el 90% de la densidad máxima seca obtenida en el ensayo "Proctor". Los controles y evaluación deben ser realizados por personal especializado de laboratorios.

Cuando no fuese posible realizar la evaluación antes mencionada, un modo práctico de proceder es compactar hasta el "rechazo" (rebote) del equipo vial o de compactación.

Es importante señalar que esta alternativa práctica, al igual que la indicada para el control de humedad de compactación, sólo se deberá implementar por razones de fuerza mayor o cuando no fuese posible contar con controles de laboratorios especializados.

En la Figura 8 se muestra una base terminada y debidamente compactada, utilizando tierra arcillosa.



Figura 8. Base de tierra arcillosa (tierra colorada) compactada.

1.4. Alternativas para mejorar la resistencia de la base

Se puede mejorar la resistencia de suelos de pobre capacidad portante y alta capacidad para retener agua, como los arcillosos o los limo-arcillosos, estabilizándolos mediante la adición de cal hidratada o cemento portland. Un suelo estable es aquél que tiene buena resistencia a la deformación, a la acción destructora del tránsito y poca sensibilidad a la presencia de agua.

Tanto la cal como el cemento son materiales conglomerantes, capaces de unir los fragmentos del suelo dando cohesión al conjunto por efecto de transformaciones químicas en su masa.

Como la estabilización tiene implicancia económica, debe tenerse presente que estas adiciones incrementan los costos. Sin embargo, a veces es conveniente o necesario recurrir a ellas cuando se está en presencia de terrenos pobres, con condiciones de humedad muy desfavorables.

Ambos materiales (cal o cemento), pueden ser utilizados tanto para mejorar la resistencia como para disminuir la plasticidad. En este último caso, el agregado de cal al suelo es el recurso más empleado para reducir el contenido de humedad con el objeto de permitir que su masa pueda ser trabajada con los equipos de compactación, sin que se pegue o adhiera a ellos.

1.4.1. Suelo-cal

La cal hidratada se emplea como conglomerante estabilizador de suelos cuando es necesario bajar de modo rápido la plasticidad de suelos arcillosos, para poder trabajarlos y compactarlos.

Para que la cal pueda reaccionar convenientemente y cementar las partículas del suelo, es necesario que éste tenga minerales arcillosos (sílice y alúmina). Los suelos arenosos, por lo general, no pueden estabilizarse con cal (Moncayo, 1980).

El aumento de la resistencia del suelo-cal es mucho más lento que en el caso de emplearse cemento portland. La formación de agentes cementantes que incrementan la resistencia y durabilidad es de desarrollo gradual y puede, en algunos casos, durar varios años.

No es aconsejable el empleo de cal viva para este tratamiento, por el peligro que supone su manipulación por parte de los operarios.

Es conveniente que la proporción a adicionar de cal no esté por debajo del 3% ni exceda el 8% en peso seco de la mezcla de suelo compactado (Dal Ré, 1996). La práctica más sencilla es distribuirla en bolsas de manera regular, tanto longitudinal como transversalmente, disponiéndolas dentro de cuadrículas tra-

zadas sobre la superficie del piso a ocupar por la base.

La Tabla 1 permite conocer las medidas de las cuadrículas para distribuir las según el espesor de la capa compactada y para diferentes porcentajes de cal. Fueron confeccionadas suponiendo una densidad de la mezcla seca compactada de 1450 kg/m³.

Tabla 1. Dimensiones de las cuadrículas para distribuir las bolsas de cal.

Espesor de la capa de suelo compactado	Bolsas de 25 kg	Superficie por bolsa, según % de cal y espesor del suelo compactado (*)		
		3%	5%	8%
10 cm	1 bolsa cada	2,40m x 2,40m	1,85m x 1,85m	1,45m x 1,45m
12,5 cm		2,15 m x 2,15m	1,65 m x 1,65m	1,30m x 1,30m
15 cm		1,95 m x 1,95m	1,50 m x 1,50m	1,20m x 1,20m

(*) Densidad seca supuesta para el suelo-cal compactado: 1450 kg/m³.

Una vez mezclados el suelo y la cal, el material puede trabajarse cómodamente dentro de las 24 horas posteriores.

1.4.2. Suelo-cemento

Pueden mezclarse con cemento portland casi todos los tipos de suelos (limos, arcillas, arenas limosas, arenas, piedras), con excepción de los altamente orgánicos.

El suelo-cemento provee superficies más resistentes, más impermeables y, consecuentemente, ofrece mayor resistencia a la erosión del agua. Su resistencia aumenta con el tiempo, aún en presencia de humedad. En condiciones secas no pierde compactación.

Al conformar el terraplén para recibir el piso del tambo, eventualmente se justificaría el empleo de suelo-cemento en la última capa. En las anteriores es preferible realizar la compactación con el mejor suelo del lugar como se indicó anteriormente o, en su defecto, estabilizarlo con cal.

El espesor de la capa de suelo-cemento en el caso de pisos de tambo, puede limitarse a 10 o 12,5 cm (ICPA, 1974), fundamentalmente si las capas inferiores del terraplén han recibido una muy buena compactación.

Cuanto menos arcilloso sea el suelo, menor será la cantidad de cemento necesaria para estabilizarlo. Suelos limo-arcillosos como los de la región en la que se centra este trabajo, por su regular a pobre capacidad portante, pueden demandar porcentajes de cemento cercanos al 9% del peso seco de la mezcla para lograr de una estabilización de mejor prestación.

La Tabla 2 permite conocer las medidas de las cuadrículas para distribuir las según el espesor de la capa compactada, y para porcentajes de cemento del 3%, 6% y 9% en peso. Estas se elaboraron en la suposición de una mezcla seca de suelo-cemento compactado de 1500 kg/m³.

Tabla 2. Dimensiones de las cuadrículas para distribuir las bolsas de cemento .

Espesor de la capa de suelo compactado	Bolsas de 50 kg	Superficie por bolsa, según % de cemento y espesor de suelo compactado (*)		
		3%	6%	9%
10 cm	1 bolsa cada	3,35m x 3,35m	2,35m x 2,35m	1,90m x 1,90m
12,5 cm		3,00m x 3,00m	2,10m x 2,10m	1,70m x 1,70m
15 cm		2,70m x 2,70m	1,90m x 1,90m	1,55m x 1,55m

(*) Densidad seca supuesta para el suelo cemento compactado: 1500 kg/m³.

A partir del momento en que el cemento entra en contacto con el agua, la mezcla de suelo-cemento debe ser trabajada y compactada en el plazo de 2 horas, a fin de evitar el fraguado anticipado (De la Fuente Lavalle, 1995; Dal-Re, 1996).

El cemento portland es un conglomerante que, en contacto con el agua comienza su reacción química de hidratación a las 2 horas aproximadamente, y finaliza a las 4 o 6 horas, según su procedencia. Una vez finalizado el “período de fraguado”, el material comenzará su proceso de endurecimiento y ganancia de resistencia.

1.4.3. Cómo ejecutar estabilizados de suelo-cal o de suelo-cemento.

Los pasos para la ejecución de un estabilizado de suelo-cal o suelo-cemento son prácticamente similares en ambos casos.

Paso 1. Eliminación del suelo vegetal

La primera operación es eliminar el suelo vegetal donde se construirá el terraplén. Tras ello, el cuenco generado se completará con suelo nuevo, en reemplazo del extraído. Es importante controlar que éste esté libre de raíces y materia vegetal. Un escarificado previo puede facilitar este paso inicial.

Paso 2. Paso de rastra

El suelo a compactar debe ser trabajado para facilitar su mezcla íntima con la cal o el cemento. Lo recomendable es alcanzar un grado de pulverización tal que, prácticamente, el 80% del mismo tenga un tamaño menor a 5 mm y el resto no supere 25 mm (1 pulgada) (ICPA, 1974). Para ello se pueden emplear ras-tras de discos.

El espesor final de la capa de suelo suelto pulverizado será de unos 15-20 cm (lo recomendado para el pasado y compactación con rodillo pata de cabra). Si se emplea otro equipo de compactación, se adecuará al mismo.

Paso 3. Distribución del material

La práctica más sencilla es distribuir en el sitio la cal (o el cemento) repartiendo las bolsas de manera regular, tanto longitudinal como transversalmente a la superficie del piso a ocupar por el tambo.

Las Tablas 1 y 2 proveen datos orientativos sobre cómo distribuirlos y la cantidad de material necesario según el porcentaje a adicionar y el espesor de la capa compactada.

Una vez repartidas las bolsas sobre el suelo pulverizado, se deben abrir y volcar el contenido formando caballetes transversales a la mayor longitud del terraplén.

Con posterioridad a ello, se debe distribuir la cal (o el cemento) de manera uniforme sobre toda la superficie del piso. Para ello se pueden emplear distintos elementos, tales como una rastra de dientes o un rabasto.

El contenido de humedad del suelo para esta operación es muy importante. En el caso de mezclas de suelos de alto contenido de arcillas con cemento, lo recomendable es que la humedad esté un poco por debajo de la óptima indicada en el punto 1.2.

Paso 4. Mezclado

Tras el paso anterior debe procederse de modo inmediato a la mezcla con cal (o cemento) del suelo humedecido. Para ello se pueden emplear rastras de discos de dientes flexibles o cualquier otro implemento agrícola o instrumento que asegure una mezcla íntima y uniforme en varias pasadas.

Paso 5. Compactación de la mezcla (Foto 9).

Suelo-cal

Tratándose de cal, al ser la reacción química lenta, la operación de compactación puede realizarse cómodamente durante la jornada de trabajo o dentro de las 24 horas de iniciado el mezclado del suelo con la cal y agua, como se indicó en 1.4.1.

En este tipo de estabilizado, la elevada temperatura ambiente es beneficiosa para generar ganancia de resistencia del conjunto. En tal sentido, se recomienda interrumpir los trabajos si se está por debajo de los 10 °C, y acelerar el ritmo si se está por encima de los 30 °C. Sin embargo, nunca se debe descuidar el control permanente de la humedad de la mezcla, procurando que no esté por debajo de la óptima (Dal-Re, 1996).

Suelo-cemento

La operación de compactación debe ser comenzada de inmediato y, como se mencionó en 1.4.2, finalizarse lo antes posible, procurando no excederse del tiempo indicado a partir del momento en que el cemento entra en contacto con el suelo húmedo.

Como la hidratación del cemento no se produce cuando la temperatura está cercana o por debajo del punto de congelamiento, las tareas no deben realizarse si el pronóstico anticipa temperaturas inferiores a los 4 °C (ICPA, 1974).

Al iniciar la compactación, se evaluará en qué estado se encuentra la humedad de la mezcla. Tratándose de días secos, de alta temperatura o ventosos, puede ser conveniente regarlo previamente y trabajar con un contenido de humedad un poco mayor al sugerido como óptimo. La humedad debe ser controlada permanentemente a medida que la compactación va progresando, desde abajo hacia arriba, hasta alcanzar el espesor final de la capa.

Es importante que, al menos durante los 7 días siguientes a la finalización de la compactación del suelo-cemento, la superficie sea curada para evitar la pérdida de la humedad que necesita para endurecer y ganar resistencia (ICPA, s.f.). El procedimiento de curado puede realizarse de diferentes maneras, de las cuales se sugieren las dos siguientes en razón de su economía: a) regar la superficie 2 o 3 veces por día saturándola con agua; b) regarla a saturación y cubrirla inmediatamente con restos de silo-bolsa, sobre los que se depositarán elementos de cierto peso (ladrillos, postes en desuso, piedra, etc.), a fin de evitar su voladura.



Figura 9. Incorporación de la cal al suelo utilizando rastra de disco y posterior compactado.

Paso 6. Acabado de la superficie

La superficie final irregular que quedará como consecuencia del acabado que dejará el rodillo pata de cabra o equipo de compactación, en ambos tipos de estabilizados, no constituye inconveniente alguno para colocar sobre la misma el hormigón del piso del tambo. Si se lo desea, se la puede alisar o sellar con el paso sucesivo de un vehículo con ruedas lisas.

Pasos para lograr una adecuada base compactada con rodillo pata de cabra.

- 1. Eliminar el suelo vegetal (orgánico).*
- 2. Rellenar y terraplenar con capas sucesivas de suelo suelto de espesor no superior a 15-20 cm.*
- 3. Controlar la humedad para la compactación del suelo, humedeciéndolo u oreándolo de ser necesario, y asegurar su distribución uniforme.*
- 4. Compactar cada capa hasta llegar al nivel deseado (el espesor máximo compactado que se puede obtener por capa es de aproximadamente 15 cm).*
- 5. Utilizar cal o cemento cuando las condiciones de suelo lo justifiquen.*

2. HORMIGÓN

2.1. Materiales a emplear

El hormigón es un material conformado por cuatro componentes básicos: cemento hidráulico, agregado grueso (piedra), agregado fino (arena) y agua.

La incorporación de agua al cemento lo hidrata dando lugar a una pasta que, una vez endurecida, mantiene unidos a los agregados y le confiere al material resultante consistencia pétreo.

Eventualmente pueden incorporarse aditivos y/o adiciones para mejorar su prestación.

Los aditivos son productos químicos de suministro en estado líquido. Se incorporan en pequeño volumen al agua de amasado o al pastón, con el objeto de modificar alguna o varias de sus propiedades (fluidez, plasticidad, etc.) y conseguir ciertas ventajas en el hormigón endurecido (resistencia, durabilidad, impermeabilidad, etc.).

Las adiciones, en cambio, son materiales pulverulentos finamente divididos que se agregan al hormigón en un volumen significativo para también modificar, como en el caso de los aditivos, algunas de sus propiedades. De todos modos, tanto aditivos como adiciones deben ser aplicados por un profesional o personal capacitado para conseguir los efectos pretendidos.

El agua

El agua a emplear en la elaboración de los pastones (agua de amasado) debe cumplir con los requisitos físicos y químicos establecidos en la Norma IRAM 1601. En la Tabla 3 se mencionan algunos de los parámetros más importantes.

Tabla 3. Requisitos químicos para el agua de mezclado y curado (IRAM, 2012).

Requisitos		Unidad	Mínimo	Máximo
Residuo sólido		mg/dm ³	-----	5000
Materia orgánica, expresada como oxígeno consumido		mg/dm ³	-----	3
PH		-----	5,5	8
Sulfato, expresado como SO ₄ ²⁻		mg/dm ³	-----	1000
Cloruro, expresado como Cl ⁻	Para emplear en hormigón simple	mg/dm ³	-----	2000
	Para emplear en hormigón convencional	mg/dm ³	-----	700
	Para emplear en hormigón pretensado	mg/dm ³	-----	500
Hierro, expresado como Fe		mg/dm ³	-----	1

El exceso de cloruros en el hormigón pretensado puede provocar corrosión en las armaduras, expandiéndolas y generando destrucción del hormigón que las recubre. El de sulfatos puede provocar ataques en la pasta de cemento, desagregando el material hasta dejar la piedra y arena expuestas.

En principio, toda agua potable es apta, por lo cual debe estar exenta de sustancias orgánicas en des-

composición, excesos de cloruros y sulfatos. De no contarse con acuíferos de calidad apropiada, lo recomendable es proveerse de agua apta mediante camiones o acoplados con cisterna.

La cantidad de agua necesaria para elaborar el hormigón está en relación directa con la cantidad de cemento que se requiere por condiciones de durabilidad. Sin embargo, por razones de pérdidas, evaporación, otros usos en obra o imprevistos, es aconsejable proveerse de una reserva queal menos duplique esa demanda, fundamentalmente si el centro de provisión se encuentra lejano.

El cemento portland

El cemento portland es el componente activo del hormigón, por cuanto al mezclárselo con el agua de amasado reacciona químicamente y desarrolla su propiedad de ligante cementicio de los agregados inertes (arena y piedra).

Actualmente existen en el mercado diferentes tipos de cemento portland para uso general: normal (CPN), puzolánico (CPP), con filler calcáreo (CPF), compuesto (CPC), etc.; de diferentes categorías (CP30, CP40, CP50) y con múltiples propiedades especiales (alta resistencia inicial, bajo calor de hidratación, resistencia a los sulfatos, etc.) (Begliardo, 2005 a,b).

Cada opción cumple funciones específicas. Consecuentemente, en el momento de tener que construir el piso, es recomendable asesorarse profesionalmente y seleccionar aquel cemento que más convenga a las necesidades de la obra. Sin embargo, normalmente este material se adquiere en corralones de plazas cuya oferta suele ser limitada en lo que hace a variedades, lo que constituye un factor limitante y condicionante de su elección.

Considerando esta realidad, los cementos de las categorías CP30 ó CP40, que cumplan con la norma IRAM 50.000 (IRAM 2010a) e identificados con las siglas CPN, CPF, CPC o CPP (los tipos más comunes de hallar en el mercado minorista), son aptos para la elaboración de hormigones para pisos de instalaciones de ordeño y anexos.

En ciertos casos especiales (suelos o aguas agresivos) conviene emplear cementos con propiedades especiales, que cumplan con la norma IRAM 50.001 (IRAM 2010b). Estos son los mismos cementos citados anteriormente, pero que contienen en su formulación propiedades que les otorgan prestaciones o especial resistencia a dicha agresividad. Entre ellos se encuentran los de moderada o alta resistencia a los sulfatos. En este caso, en los envases debe estar inscripta la sigla MRS o ARS, respectivamente.

A modo de ejemplo, si se necesita de un cemento portland puzolánico, de categoría CP40 y altamente resistente a los sulfatos, en el envase debería figurar la siguiente sigla: CPP 40 (ARS).

Los agregados

Se designa de este modo a las piedras y arenas. Conforman la parte inerte o pasiva del hormigón.

Deben proceder de rocas sanas, que no sean blandas, porosas o desmenuzables.

Las arenas pueden ser de origen natural o artificial. Las primeras son de naturaleza silíceas y se las encuentra en ríos, costas marítimas y canteras. Las artificiales se obtienen a partir de la trituración de rocas, generalmente graníticas. Las piedras también pueden ser de origen natural (cantos rodados) o artificial (piedra partida).

Los agregados normalmente utilizados en el centro oeste santafesino-este cordobés cumplen con los requisitos de calidad para la elaboración de hormigones. La arena generalmente procede de ríos de la región y la piedra empleada suele ser partida, o bien canto rodado.

En todos los casos, los agregados deben ser limpios y estar libres de impurezas orgánicas, limos, arcillas e inclusiones salinas. El lavado de los mismos, de ser necesario, es un medio eficaz para lograr dicha calidad.

2.2. Uso de armadura o malla.

Es común en los tambos de la región colocar en los pisos una armadura embebida en el hormigón. Generalmente se trata de una malla electrosoldada de acero de 4 o 6 mm de diámetro, dispuesto en barras ortogonales de 15x15 cm o 15x25 cm de separación (Figura 10).

La malla cumple, básicamente, dos funciones: repartir las cargas y reducir la fisuración en el hormigón. Lo correcto es ubicarla en el tercio superior del espesor del piso y debe ser interrumpida en correspondencia con la posición de las juntas (ver 2.6.3). A las ventajas citadas, se contraponen la propensión a la corrosión de la armadura si ésta ha quedado expuesta o no cuenta con el recubrimiento adecuado.

De mediar una adecuada compactación del terreno base sobre el que descansará el piso, no es necesario colocar armadura. El agrietamiento por contracción (fisuración) puede reducirse mediante la incorporación al hormigón de fibras de polipropileno a razón de, aproximadamente, 0,9 kg/m³. Estas fibras son de provisión común en el mercado de la construcción.



Figura 10. Construcción de piso con malla electrosoldada (Foto INTA).

2.3. Espesores de pisos en tambos

El espesor del piso debe adaptarse al uso. En la Tabla 4 se mencionan rangos de espesor según su destino.

Tabla 4. Espesor del piso de hormigón según tipo de uso.

Tipo de uso	espesor
Paso únicamente de animales	10-12 cm
Paso de tractor sin maniobras	13-15 cm
Paso del tractor con numerosas maniobras	15 cm

Fuente: Adaptada de Chambre D'Agricultura de Pays de la Loire. Ed. Noviembre de 2010.

2.4. Pendientes

En la Tabla 5 se presentan los valores de pendientes recomendadas por sector de la instalación de ordeño y anexos. Las recomendaciones favorecen el lavado de los pisos y el rápido secado de las superficies, sin condicionar el movimiento de los animales.

Tabla 5. Pendientes de los pisos a utilizar según el sector de la instalación.

Sector	Pendiente (valor mínimo - máximo).
Sala de ordeño	1,5 a 4 % (valor de pendiente lateral utilizado en instalaciones de ordeño lado por lado)
Corral de espera	1,5 – 5 %
Sala de leche	1,5 – 2 %
Playones de alimentación	1,5 – 3 %

2.5. Provisión

Existen dos formas de proveerse del hormigón: contratando el servicio (hormigón preparado en planta elaboradora) o preparándolo en obra.

2.5.1. Hormigón preparado en planta elaboradora

Las plantas de hormigón elaborado, con certificación de calidad, utilizan protocolos de elaboración que permiten lograr la calidad solicitada. Estas firmas comerciales se ocupan de llevarlo hasta el lugar del emplazamiento mediante camiones moto-hormigoneros, también conocidos como “mixer” (mezcladores), en tanto no se presenten problemas de accesibilidad.

Es de suma importancia el asesoramiento de un profesional de la construcción sobre las características del hormigón a solicitar, así como la presencia de éste al momento de su recepción y control en obra.

La Tabla 6 reproduce las recomendaciones de la AAHE (Asociación Argentina del Hormigón Elaborado) para solicitar este tipo de servicios, mientras que en la Tabla 7 se enumeran los datos básicos a solicitar al proveedor en función de las características especiales que requieren los pisos para instalaciones de ordeño y anexos (resistencia a la abrasión, impermeabilidad y, en su caso, resistencia al ataque de agentes agresivos, como sulfatos y cloruros), conforme a lo establecido en el Reglamento Cirsoc 201:2005 (INTI, 2013). Para su elaboración se supuso un tambo emplazado en el centrooeste santafesino, clase de exposición C1 (“Elementos en contacto frecuente con agua, o zonas con humedad relativa ambiente media en invierno superior al 75%, y que tengan una probabilidad mayor que el 50% de alcanzar al menos una vez temperaturas por debajo de 5°C).

Tabla 6. Modo de especificar el pedido de hormigones a plantas elaboradoras. (Adaptado de AAHE, 2008).

Al pedir Hormigón Elaborado se está contratando un servicio que lleva implícito un producto, por lo que el pedido tiene que ser muy preciso. Se debe contar con el asesoramiento de un profesional.

Es muy importante asegurar, antes de emitir una orden de compra, que la cantidad y velocidad de despacho pueda ser verificada por el proveedor y que el hormigón pueda ser manipulado correctamente por el comprador. Las órdenes deben ser siempre claras y las notificaciones sobre cancelaciones o cambios en las mismas se deben acordar de antemano.

La descarga de un moto-hormigonero debe cumplirse dentro del tiempo establecido, debiéndose anotar claramente ese dato en el remito correspondiente al viaje del mencionado camión.

El usuario debe suministrar datos básicos de su obra al productor, los cuales se enumeran a continuación:

1. Tipo de estructura; total de hormigón en m³ que llevará toda la obra; tiempo estimado de ejecución.
2. Resistencia característica a compresión del hormigón en MPa o en kg/cm².
3. Tipo y cantidad mínima de cemento por metro cúbico de hormigón que pueda ser necesario por exigencias de durabilidad u otros que no sean la condición de resistencia a compresión (como relación agua/cemento).
4. Tipo y tamaño máximo de los agregados.
5. Consistencia de la mezcla fresca en centímetros en el momento de la descarga, medida en el tronco de Cono de Abrams.
6. Aditivos químicos a incorporar al hormigón.
7. Contenido de aire intencionalmente incorporado en por ciento, en las mezclas que lo especifiquen.
8. Características especiales que requiere ese hormigón (p. ej.: a la vista, resistente al desgaste, resistente al ataque por sulfatos, etc.).
9. Si será hormigón bombeado o el transporte interno se hará por medios tradicionales.
10. Capacidad de recepción del hormigón en la obra, en lo posible en m³/hora, y toda otra información pertinente que surja del cambio de ideas entre el usuario y productor.

Tabla 7. Especificaciones para el pedido de hormigones de pisos para tambo a plantas elaboradoras (s/Reglamento Cirsoc 201:2005 (INTI, 2013)).

Especificaciones	Hormigón expuesto a la abrasión
Máxima razón agua/cemento en masa (a/c)	0,45
Clase mínima de hormigón (resistencia especificada)	H-30 (300 kg/cm ²)
Contenido mínimo de cemento	El necesario para alcanzar la resistencia especificada y asegurar las condiciones de durabilidad, no debiendo ser inferior a 280 kg/m ³ para asegurar la protección de armaduras contra la corrosión.
Aditivo incorporador de aire	Si, según Tabla 5.3 Reglto. CIRSOC201.
Consistencia (asentamiento medido con el cono de Abrams)	De 5 a 10 cm (hormigón plástico)

2.5.2. Hormigón preparado en la obra

Cuando por razones de distancia, inexistencia del servicio, acceso, etc., deba elaborarse en el lugar, es necesario asegurar el cumplimiento de ciertos requisitos básicos.

El control del agua en la elaboración es de la mayor importancia. De su suministro en la cantidad mínima necesaria dependen, en gran medida, la resistencia y durabilidad del hormigón endurecido.

La cantidad a emplear debe ser la mínima tal que asegure la “trabajabilidad” y la “consistencia” necesarias para colocar el material en los encofrados o, en este caso, sobre el terreno compactado para conformar el piso².

La “trabajabilidad” es la cualidad del hormigón fresco que permite que éste se deje moldear fácilmente, o cambiar de forma bajo la acción de fuerzas exteriores, sin perder su homogeneidad. La consistencia se refiere al grado de fluidez, que abarca la amplia escala que va desde las más secas a las más fluidas. La relación entre ambas es la siguiente: hormigones “secos” y “semi-secos” tienen de muy baja a baja trabajabilidad; los “plásticos” son de trabajabilidad media, en tanto que los “fluidos” y “muy fluidos” son de alta “trabajabilidad”.

Si no se emplean aditivos específicos, el exceso de agua al preparar los pastones para lograr un hormigón “más blando” y fácilmente trabajable, conduce a un endurecido menos resistente. Si se deseara obtener la misma resistencia que los hormigones “más secos” (técnicamente conocidos como “de bajo asentamiento”), sería necesario agregarle más cemento, con lo cual serán más costosos, además de menos durables.

En conclusión, para lograr hormigones resistentes y durables, se debe emplear la mínima cantidad de agua que torne a la mezcla trabajable.

² Para la hidratación y reacción química completa del cemento, es necesaria una cantidad de agua algo inferior al 20% en peso del cemento. Es decir, por cada kg de cemento portland se necesitan poco menos de 200 gr de agua. Esto se conoce en términos técnicos como relación agua/cemento (a/c) 0,20. Sin embargo, el añadido de arena y piedra a la pasta obtenida para elaborar el hormigón, conduce a que esa pequeña cantidad no sea suficiente para poder lograr una mezcla trabajable, de allí que en la práctica se le agregue más, por ejemplo hasta un 50 % en peso (a/c 0,50). El exceso de agua terminará evaporándose, de modo tardío o temprano, lo cual dependerá de las condiciones higrométricas de la atmósfera. En atmósferas secas lo hará antes que en atmósferas húmedas, por lo que si no se preserva al hormigón mediante un adecuado curado, las fisuras que tendrán lugar al disminuir el volumen provocarán un debilitamiento del material endurecido, caída en su resistencia y menor vida útil.

En la Tabla 8 se sugieren los requisitos y resguardos mínimos a tener en cuenta para elaborar el hormigón *in situ*, de no poder contarse con el suministro de plantas elaboradoras, acorde a lo establecido en el Reglamento Cirsoc 201:2005 (INTI, 2013)).

En obra, los hormigones se pueden diseñar y preparar de modo racional (en peso), siempre que se cuente con la asistencia de un profesional y equipos para el pesaje de los materiales. En no pocas ocasiones, sin embargo, la dosificación deberá hacerse de modo empírico (en volumen), debiendo asumirse los riesgos de falta de homogeneidad, uniformidad y calidad necesarias.

Tabla 8. Especificaciones para hormigones de pisos para tambo elaborados en obra.

Hormigón de pisos para tambo elaborado en obra	
Máxima razón agua/cemento en masa (a/c)	0,45
Clase mínima de hormigón (resistencia especificada)	H-30 (300 kg/cm ² ; posible de lograr con la asistencia y control de un profesional)
Contenido mínimo de cemento	Sugerido: 300 kg/m ³ (6 bolsas/m ³)
Aditivo incorporador de aire	Si, según Tabla 5.3 Reglto. CIRSOC 201.
Aditivo fluidificante	Recomendable (disminuyen la razón agua/cemento; se necesita de la asistencia y control de un profesional)
Aditivo superfluidificante	Su aplicación será evaluada por el profesional, si las necesidades de obra lo demanda.
Consistencia (asentamiento medido con el cono de Abrams)	De 5 a 10 cm (hormigón plástico; se recomienda el empleo en obra del cono de Abrams por parte de un profesional o personal capacitado)

Una dosificación empírica usual es la comúnmente llamada “1:2:3” (1 parte de cemento: 2 partes de arena: 3 partes de piedra). En tanto se emplee la mínima cantidad de agua necesaria (menos de medio balde de agua por cada balde de cemento) podrían obtenerse hormigones con resistencias próximas a la resistencia indicada (H-40). Para ello, el pastón no debe ser “blando o fluido” (al no haber armadura, o de estar ésta muy espaciada, no necesita serlo) y una vez colocado, debería ser vibrado. Esto puede realizarse con vibrador de aguja o inmersión, los cuales pueden adquirirse o alquilarse en el mercado (Figura 11).

Ciertamente no será sencillo lograr en obra hormigones con tan baja relación agua/cemento y garantizar la resistencia indicada en la Tabla indicada sin la asistencia de un profesional.

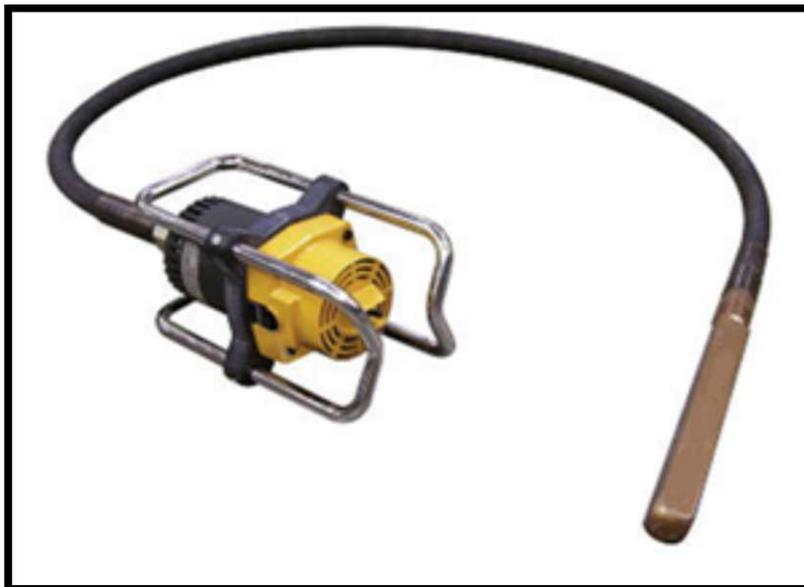


Figura 11. Vibrador de inmersión.

La Tabla 9 presenta la forma tradicional de dosificar en volumen, aún utilizada en obras privadas no controladas. Se definen las proporciones de materiales necesarios según el tipo de piso.

Tabla 9. Materiales necesarios para elaborar 1 m³ de hormigón (dosificación en volumen) (*)

Proporción en volumen	Materiales necesarios para preparar 1 m ³ de hormigón			Usos
	Cemento (kg)	Arena (m ³)	Piedra (m ³)	
1:2:3	350	0,500 (1/2 m ³)	0,750 (3/4 m ³)	Piso para tambo, tanques, pilotes.
1:3:3	300	0,650	0,650	Entrepisos de edificios.
1:4:4	235	0,670	0,670	Zapatas, Cimientos

(*) Basada y adaptada de Chandías ,1977. El uso "piso de tambo" es una incorporación de este trabajo.

Recomendaciones

- El mezclado de los materiales debe ser mecánico, recurriendo a hormigoneras de capacidad útil adecuada. Nunca debe hacerse de modo manual.
- La elaboración debe estar a cargo de personal idóneo, quien verificará permanentemente la uniformidad de dicho mezclado.
- La incorporación de los materiales al tambor girando debe ser paulatina y preferentemente en el siguiente orden: 1°) una porción del agua de mezclado; 2°) introducir el cemento y el agregado fino; 3°) introducir el agregado grueso; 4°) completar con el resto del agua.
- Para hormigoneras de hasta 1 m³ (1.000 litros) de capacidad, el tiempo de mezclado será de unos 90 segundos (un minuto y medio), contados a partir del momento en que hayan ingresado todos los materiales al tambor. No es aconsejable un tiempo de mezclado excesivo, por cuanto puede modificar la consistencia deseada.

- La consistencia del hormigón se mide habitualmente a partir del control del asentamiento con el cono de Abrams (Figuras 12 y 13). Para pisos de instalaciones de ordeño, el asentamiento requerido es bajo (5 cm). El cono de Abrams es un equipo de bajo costo y de sencilla operación, necesario para alcanzar un mínimo control de calidad en la elaboración. La medición de la consistencia debe hacerse al pie del lugar donde se debe colocar el material, o al pie de la hormigonera, de estar próxima.

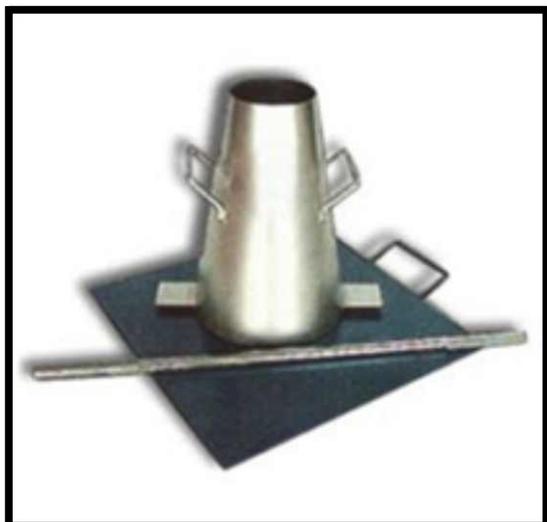


Figura 12. Cono de Abrams.



Figura 13. Control del asentamiento con el cono de Abrams.
(Fuente: ICPA, 2013).

- La consistencia del hormigón en estado fresco, así como su resistencia final una vez endurecido, dependen significativamente de la cantidad de agua de amasado agregada.

- En los elaborados en plantas hormigoneras, la cantidad de agua se mide en peso. En los preparados en obra, la medición generalmente se realiza en volumen, por lo cual es muy importante no excederse en la cantidad a incorporar, puesto que cuanto mayor sea la relación agua/cemento, mayor será el asentamiento del hormigón fresco y menor la resistencia final (y durabilidad) del hormigón endurecido.

- La mezcla de los diferentes pastones debe ser de composición y consistencia uniformes.

- Si se produjese un “falso fraguado” del cemento luego de mezclado (se manifiesta en un endurecimiento del hormigón en los primeros minutos), hay que mezclarlo nuevamente sin agregar agua. Como el falso fraguado suele vincularse a la calidad del cemento, si no es posible cambiarlo, se debe aumentar el tiempo de batido en el tambor.

- El empleo de fibras de polipropileno en la dosificación contribuye a mitigar las fisuras superficiales pero no mejora la resistencia.

- De no contarse con agua potable en el lugar y tener que recurrir a acoplados cisternas para su provisión, tener presente que el curado también demanda agua apta por lo que, además de la necesaria para el hormigón, tendrá que incrementarse la reserva en función de esta necesidad³.

- Siempre es recomendable la presencia de un profesional de la construcción en el lugar para guiar el proceso de elaboración.

³ A modo de ejemplo, si se debe construir el piso de un tambo para 200 vacas, cuya superficie y espesor son 500 m² y 0,12 m (12 cm), respectivamente, el volumen total de hormigón es de 60 m³. Si, conforme a lo sugerido en Tabla 8 se emplean 7 bolsas de cemento por m³, se necesitarán 420 bolsas, es decir 21.000 kg de este material. El agua rigurosamente necesaria, según dicha Tabla, no deberá superar la relación a/c 0,42, o sea 21.000 x 0,42= 8.820 litros. A ello habrá que adicionarle la necesaria para el curado, más la de reserva por evaporación, pérdida, otros usos, etc.

2.6. Colocación

El hormigón debe colocarse antes de que se inicie el período de fraguado del cemento, lo cual depende de su procedencia y características. En general, esto no ocurre antes de los 60 minutos de su hidratación con agua.

Previo a su colocación, el terreno compactado debe ser regado a fin de que no absorba el agua de constitución de la mezcla.

Durante la colocación, se debe distribuir el material de modo homogéneo, vibrándolo o varillándolo a fin de lograr la eliminación del aire ocluido, con lo que se gana densidad, impermeabilidad y resistencia.

Hormigonado en tiempo frío

La colocación debe interrumpirse si, al no contarse en obra con medios adecuados para proteger el hormigón, la temperatura ambiente es inferior a 5 °C, o bien si se pronostica que en las 48 horas siguientes a su vertido la temperatura descenderá por debajo de los 0 °C. (INTI, 2013).

La razón de ello es que si durante la misma, o mientras se encuentra fraguando, desciende a 4,5 °C o menos, se detiene la reacción química de hidratación del cemento, lo que impide el desarrollo de resistencias. Si la temperatura desciende a 0 °C, o menos, puede tener lugar la destrucción del hormigón si está aún en estado fresco, dado que el congelamiento del agua genera tensiones de tracción que lo dañan (AAHE, 2008).

Hormigonado en tiempo caluroso

Los días calurosos y secos, o de baja humedad relativa, provocan efectos indeseables tanto en el hormigón fresco (recién vertido) como en el hormigón ya fraguado que necesita ser curado y se encuentra en etapa de endurecimiento. Esto se agrava si a lo anterior se le suman días ventosos.

Entre los efectos indeseables en estado fresco, además de la mayor demanda de agua que se percibe cuando el material pierde trabajabilidad debido a la evaporación del agua de amasado, se destacan la tendencia a la aparición del llamado “agrietamiento plástico” y la disminución del tiempo de fraguado, lo que provoca dificultades en el manipuleo, colocación y acabado superficial, así como en la tendencia a la aparición de “juntas frías” (uniones defectuosas por falta de adhesión entre dos superficies que deberían tener continuidad).

En cuanto a los efectos indeseables en el hormigón endurecido, en plena etapa de ganancia de resistencia, se da la tendencia a la contracción por secado y al agrietamiento térmico diferencial (AAHE, 2008). Esto último exige atención en el curado, para evitar que se caigan las resistencias al tornarse más porosos, afectando la durabilidad.

El mercado provee aditivos que ayudan a paliar o evitar estos efectos. Como ya se indicó, deben ser incorporados al hormigón durante la elaboración, por cuenta de personal idóneo. Las fibras de polipropileno cumplen una función similar.

2.6.1. Vibrado

En hormigones plásticos (5-10 cm de asentamiento medido con el cono de Abrams) se logra su compactación empleando vibradores de inmersión. Estos deben aplicarse siempre con la aguja o vástago dispuesto de modo vertical, introduciéndolo y sacándolo lentamente a velocidad constante, con espaciamientos del orden de los 50 cm, hasta que la superficie se torne brillante.

El vibrador no debe tocar el encofrado ni acercarse a menos de 10-15 cm de éste. No es bueno el exceso de vibrado, por cuanto en lugar de distribuir la masa, puede provocar el hundimiento de las piedras, segregándolas de la pasta de cemento, dejándolas depositadas en la parte superior del piso. Con ello, el hormigón perderá uniformidad, resistencia al desgaste y a la compresión, afectando su durabilidad.

En hormigones muy plásticos y fluidos (más de 10 y 15 cm de asentamiento medidos con el cono de Abrams, respectivamente) basta compactarlos manualmente con varilla de hierro o madera. Sin embargo, como se señaló, este tipo de asentamiento que puede resultar de trabajo “cómodo” para el operario, no es recomendable para la durabilidad y resistencia del piso, además de ser poco económico.

2.6.2. Curado

Durante la etapa de endurecimiento del hormigón, el agua es un componente clave para asegurar un correcto curado hasta tanto se alcance la resistencia suficiente para la habilitación del piso.

El curado consiste en proteger la superficie, básicamente de la acción del sol y del viento, a partir de las primeras horas luego de su colocación y durante los primeros días, porque le quitan al hormigón la humedad necesaria para el proceso de hidratación y se generan tensiones internas que provocan su fisuración. El mismo debe iniciarse tan pronto como la superficie haya endurecido y no se vea afectada por el procedimiento de curado a aplicar.

En relación a ello, y en función de lo establecido por el actual Reglamento Argentino de Estructuras de Hormigón CIRSOC 201:2005 (INTI, 2013), para un curado adecuado se debe proteger la superficie del piso del tambo al menos durante los primeros ocho días, evitando la pérdida de humedad de la masa. De contarse con un profesional en el control de la obra, éste puede evaluar la posibilidad de reducir el número de días en función de la categoría de cemento empleado.

Se deben contar como días válidos de curado aquellos en los que la temperatura media del aire en contacto con la estructura sea mayor o igual a 10 °C. Por cada dos días en los que la temperatura media esté entre 5 °C y 10 °C, se computará sólo un día.

Cuando se den condiciones de “tiempo frío” (temperatura ambiente inferior a 5 °C.), el hormigón colocado debe ser “protegido” mediante recursos que impidan que la temperatura ambiente en contacto con el mismo descienda a dicho valor (p.ej. calefactores a combustión, mantas térmicas, etc.). Se entiende que el período de protección habrá finalizado cuando durante 3 días consecutivos, y al menos durante 12 horas diarias, la temperatura ambiente esté por encima de los 10 °C. A partir de ello, se continuará con el curado normal. Durante el mencionado período de protección se debe suspender el conteo de los días de curado.

El curado se puede llevar a cabo de diferentes modos. Se indican tres formas comunes y eficaces aplicadas en la práctica:

- a) Mantener la superficie permanentemente humedecida con riego o inundación.
- b) Cubrirla con una lámina impermeable de, al menos, 100 micrones de espesor, evitando la fuga de la humedad constitutiva del hormigón vertido (el material de silos-bolsa, por ejemplo, es adecuado).
- c) Aplicar con pulverizador una película química para tal fin (se proveen en el mercado de la construcción). Son preferibles las películas blanca-opacas a las transparentes, puesto que estas últimas tienden a provocar efecto “invernadero” (AAHE, 2008).

Es de especial importancia el cuidado de la superficie de fuertes vientos y calor excesivo durante las primeras 24 horas, a fin de evitar la contracción plástica y/o secado prematuro del hormigón.

2.6.3. Juntas

Las juntas son interrupciones en la continuidad del piso. Estas pueden ser de tres tipos: a) de construcción, b) de contracción, c) dilatación o expansión.

Juntas de construcción

Este tipo de juntas, también llamadas “juntas de trabajo”, en lo posible deberán evitarse por cuanto normalmente demoran y encarecen la ejecución de la obra si no son previstas con anticipación.

Pueden presentarse bajo dos circunstancias y siempre involucran la unión de un hormigón endurecido, o que ya que ha comenzado a fraguar, y un hormigón fresco. Estas situaciones se pueden dar en obra si se demoran las tareas de hormigonado entre un pastón y otro, o bien cuando debe interrumpirse la jornada de trabajo para continuarla al día siguiente. En este último caso, se deberá planificar dónde se llevará a cabo la interrupción para generar la junta. Una alternativa conveniente, y económica, es hacerla coincidir con la posición de una junta de contracción.

Juntas de contracción

La contracción es un fenómeno físico inevitable en el hormigón, y siempre es debido a la pérdida de humedad de su masa. Cuando la fisura que tiene lugar atraviesa todo el espesor del piso, es necesario ejecutar una junta en correspondencia con la misma, guardando los recaudos recomendados para su construcción.

La contracción puede ser por secado lento o por fraguado. Las fisuras del primer tipo son las que demandan la construcción de juntas.

- **Contracción por secado lento**

Al ir secándose el hormigón del piso pierde humedad y se contrae. Su adherencia al terreno sobre el que fue vertido tratará de impedir ese movimiento, por lo que se generarán fisuras regularmente espaciadas y poco prolijas si no se las controla y guía adecuadamente.

Para ello hay que prever los lugares donde se habrán de producir, planificando debidamente en el plano del tambo la subdivisión del piso en paños de 4 o 5 m de longitud, y en superficies no mayores a 25 m².

Un aspecto muy importante a tener en cuenta es que, si el piso del tambo se confecciona en hormigón armado, la armadura debe ser interrumpida en correspondencia con las juntas.

Hay dos maneras de realizarlas. Una es provocarlas mediante la disposición de un objeto guía sobre el piso compactado al momento de hormigonar (listón recto de madera, por ejemplo), que deberá quedar perdido. Al quedar reducido el espesor del piso en esa sección, el hormigón se debilitará y se fisurará, reflejándose tal fisura en la superficie. El inconveniente que tiene es que luego deberá ser abierta adecuadamente con piedra de amolar, a fin de poder colocarle el sellador.

La otra manera es ejecutarla con posterioridad a la colocación del hormigón, luego del tiempo de fraguado y cuando se esté en condiciones de caminar sobre la superficie sin dejar la impronta de las pisadas. En este último caso, se practica un aserrado con disco de amolar hasta el cuarto del espesor (2,5-3 cm), cuidando la prolijidad y la rectitud de la traza en su ejecución. A diferencia del caso anterior, la fisura se induce por debajo del corte (Figura 14).

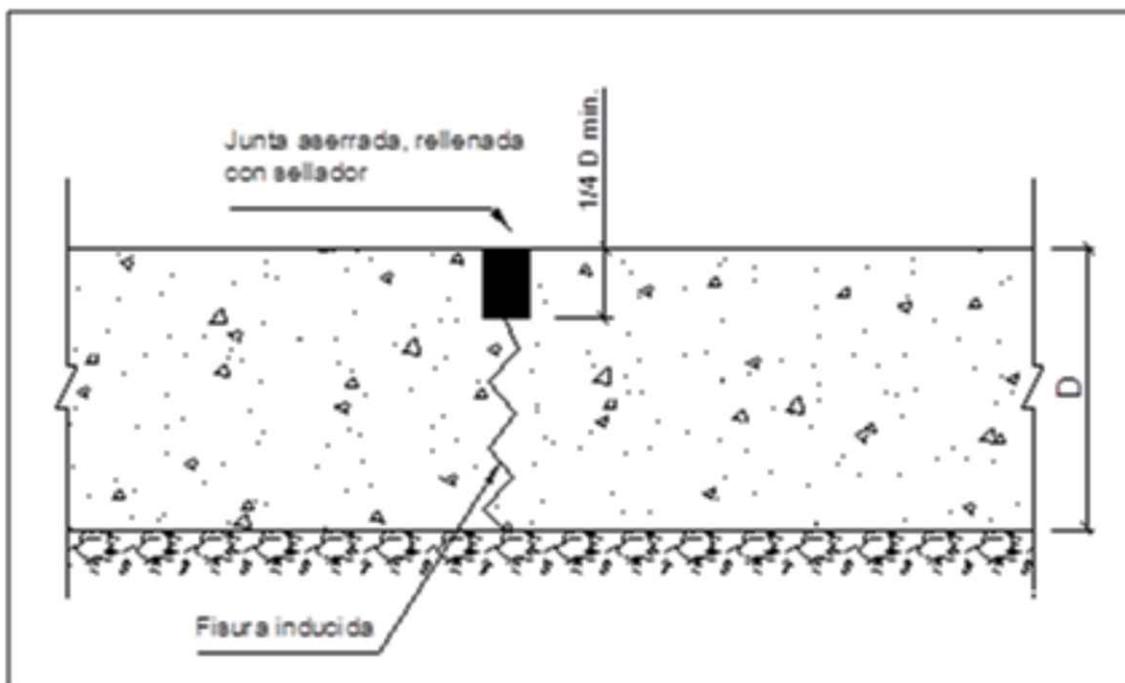


Figura 14. Junta de contracción cortada con disco sobre el piso de hormigón, y rellena con sellador elástico. (Adaptada de Gooch C., 2013.)

● **Contracción por fraguado**

Durante el llamado “tiempo fraguado”, el hormigón del piso tiende a perder el agua que no necesita el cemento para su hidratación. Es un proceso normal, puesto que todavía no se pueden comenzar las operaciones de curado al estar aún en estado “blando”. En losas de espesor uniforme y no muy gruesas, como los pisos de tambo, si el tiempo es seco, caluroso y especialmente si va acompañado de viento, se produce una rápida desecación de la superficie que origina fisuras de tipo superficial, que no atraviesan todo el espesor. Son erráticas, sin una dirección definida. En la jerga suele conocerse como “viboritas”.

Bajo estas condiciones climáticas desfavorables (días ventosos, secos y calurosos) es prácticamente imposible evitar su aparición. En tal caso, lo recomendable es que luego de la finalización del fraguado (a las 5-6 hs de colocado) y antes de las 24 hs, se las rellene con una lechada rica en cemento portland, tratando de penetrar y ocluir las mismas en toda su profundidad mediante un barrido con escoba o cepillo. Tras su secado, se puede proceder al curado normal del piso.

Juntas de expansión

La realización de este tipo de juntas se puede justificar en los encuentros con columnas o pilares del piso del tambo por cuanto, aún para grandes gradientes de temperatura, el hormigón es un material de baja dilatación. Es habitual que, vulgarmente, se confunda a estas juntas de expansión o aislamiento con las de contracción.

Se materializan interponiendo material compresible (p.ej. poliestireno expandido) entre el hormigón del piso –en todo su espesor– y la columna, pared o elemento constructivo cuyo contacto se desea aislar. Finalmente, se obturará la superficie con un sellador elástico para garantizar la estanqueidad de la junta frente a los movimientos de expansión y contracción del piso (Figura 15).

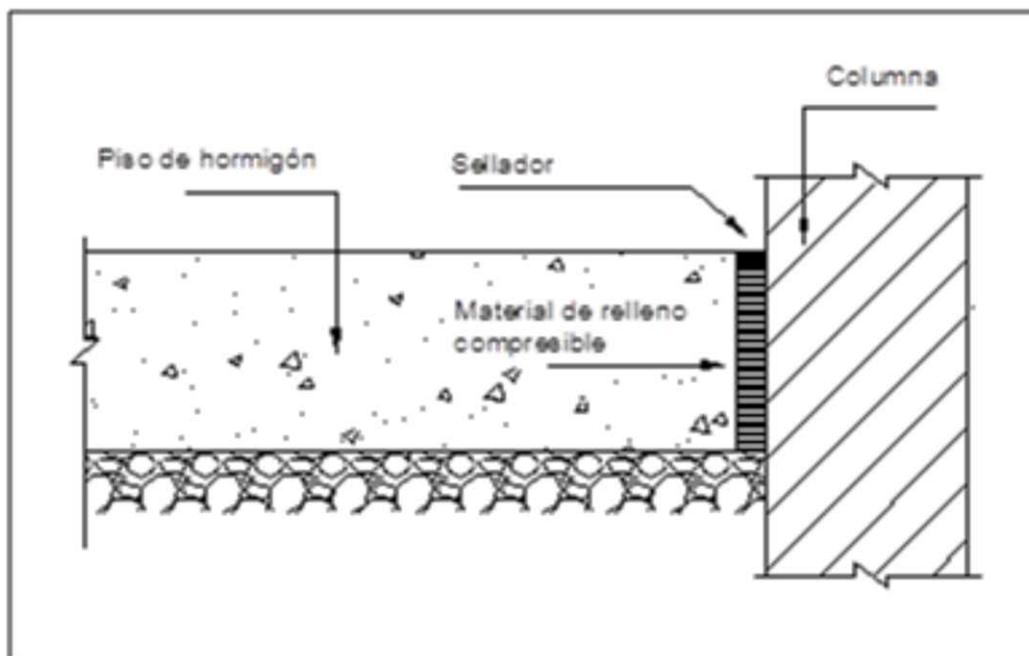


Figura 15. Junta de dilatación ubicada en el encuentro del piso del tambo con una columna (adaptada de Gooch C., 2013).

Recomendaciones para un buen sellado de las juntas.

Una junta trabaja adecuadamente cuando el sellador que une las partes puede contraerse, expandirse o desplazarse, longitudinal o transversalmente, sin desprenderse.

El mercado ofrece selladores de diferente naturaleza, posibles de aplicar en pisos de tambo. Los hay de vertido en caliente (base asfáltica) y los de colocación en frío, como los poliuretánicos.

La elección del material de sellador y su correcta colocación no es de menor importancia en la ejecución de pisos. Su falla, falta de control o envejecimiento permitirán el paso de líquidos a la base, con la consiguiente afectación de su vida útil.

Al momento de tener que emplear un sellador, es importante leer cuidadosamente las instrucciones del fabricante para tomar conocimiento de sus prestaciones, limitaciones y modo de colocación.

La ejecución correcta de una junta tiene que permitirle trabajar como un “fuelle”, lo cual sólo será posible si está adherido sólo en dos caras opuestas, de lo contrario finalizará despegándose, rasgándose o agrietándose, disminuyendo significativamente su vida útil. Por ello, normalmente en el fondo de la junta debe colocarse un material de respaldo cuya función es evitar que el sellador se adhiera y, adicionalmente, que éste sea vertido en exceso o se filtre hacia abajo (Figura 16).

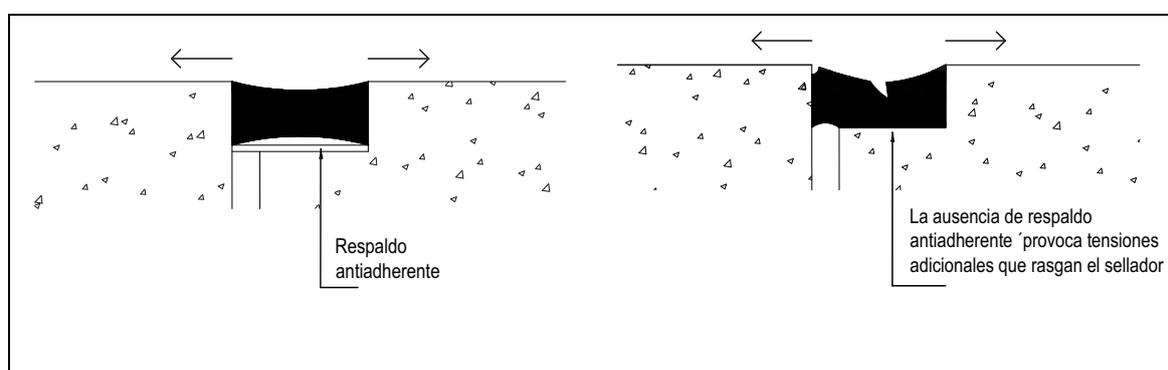


Figura 16. Importancia de la colocación del material de respaldo. Izq.: el sellador trabaja correctamente; Der.: rotura temprana por ausencia de respaldo.

Ancho de las juntas

El ancho de una junta está en relación directa con la longitud del mayor de los lados del paño de hormigón, y el mayor salto térmico o intervalo de temperatura diaria prevista en la región donde se construya el tambo. Por tratarse el hormigón de un material de bajo coeficiente de dilatación, la dimensión de la junta no necesita ser grande.

La Tabla 10 puede servir de guía al respecto. Fue confeccionada para una longitud del lado mayor del paño de hormigón de 5 m. Para longitudes menores, y dentro de los intervalos de temperatura indicados, el ancho de junta y profundidad del sellador será de 1 cm.

Tabla 10. Ancho de junta y profundidad de colocación del sellador, para paños de hormigón de 5 m de largo.

Máximo salto térmico diario	Junta sugerida	
	Ancho	Profundidad del sellador
35 °C	1 cm	1 cm
40 °C	1 cm	1 cm
45 °C	1 cm	1 cm
50 °C	1,5 cm	1 cm
55 °C	1.5 cm	1 cm
Importante: realizar un corte de mayor profundidad para la colocación del respaldo, si el tipo del sellador lo requiere.		

Mantenimiento de las juntas

Como todo material de construcción, los selladores tienen vida útil limitada, por lo cual es de fundamental importancia realizar un control y mantenimiento periódicos, a fin de evitar filtraciones de líquidos e incrustaciones de residuos sólidos que impidan o modifiquen su función.

3. ACABADO SUPERFICIAL DEL HORMIGÓN

En sectores donde existe circulación de animales (corral de espera, sala de ordeño y plataforma de alimentación), un acabado del piso con fratás de madera para el posterior ranurado, provee una mejor superficie de apoyo para el pie vacuno que si se lo hace con llana metálica. (Figura 18).



Figura 18. Terminación del hormigón fresco con fratás de madera. Foto izq: fratás de mango largo con vibrador incorporado (Fuente: GIE Lait-Viande de Bretagne, 2010). Foto der.: acabado logrado con fratás de mano (terminación a muñeca).

No se recomiendan los acabados muy rugosos, con agregados gruesos expuestos, por cuanto provocan daños inmediatos en patas y dificultan la circulación de las vacas (Figura 19).



Figura 19. Superficie reglada con madera sobre hormigón fresco, sin llanear. Terminación rugosa no recomendada. (Fuente: INTA).

3.1. Texturizado

En los sectores anteriormente indicados, y con posterioridad al llanear o fratasado, puede generarse rugosidad de la superficie utilizando cepillos o, mejor aún, pasando una tela de arpillera húmeda sobre el hormigón fresco (Figuras 20 y 21). Un acabado similar también se puede lograr con el paso de una rastra de césped sintético (Figura 22).

Si bien estos texturizados permiten lograr un adecuado coeficiente de fricción entre la pezuña y el piso,

, su efectividad se verá disminuida con el uso, tendiendo a alisarse debido a la debilidad propia del mortero (mezcla de arena con cemento).



Figura 20. Texturizado del hormigón fresco con cepillo. (Fuente: GIE Lait-Viande de Bretagne, 2010).



Figura 21. Texturizado del hormigón fresco con tela de arpillera humedecida (Fuente: ICPA, 2013).

La utilización de rastrillo de alambre para el mismo fin resulta riesgosa, puesto que éste puede clavarse y llevar los agregados a la superficie, generando imperfecciones en la terminación. Es decir, requiere de un trabajo muy prolijo y minucioso para que resulte un texturizado adecuado. Además, como en los casos anteriores, también presenta como factor crítico la calidad del mortero para un buen desempeño a largo plazo (Figura 23).

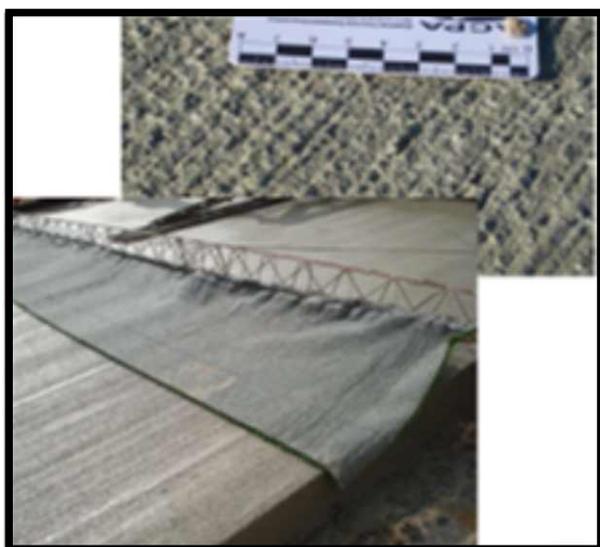


Figura 22. Texturizado del hormigón fresco con rastra de césped sintético. (Fuente: ICPA,2013).

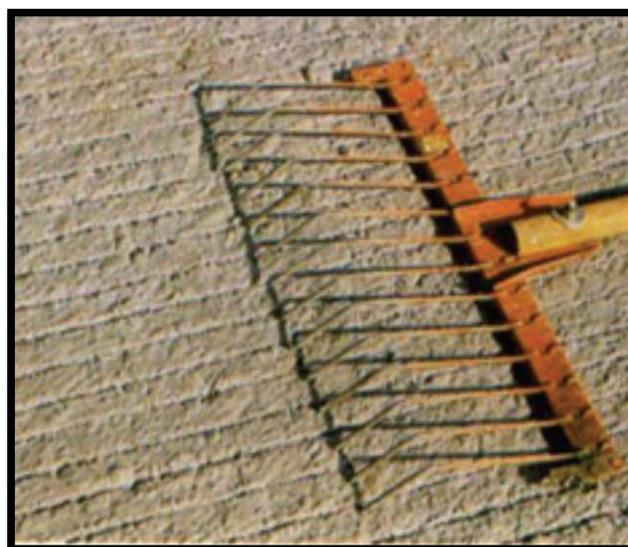


Figura 23. Terminación del hormigón fresco con rastrillo de alambres. (Fuente: GIE Lait-Viande de Bretagne, 2010).

3.2. Ranurado

Las ranuras actúan como traba, evitando que el animal resbale y se lastime. Este trabajo es de fundamental importancia para los sectores de circulación, y su construcción debe responder a las especificaciones técnicas que se detallan a continuación.

No existe total consenso respecto al diseño más adecuado. En la Tabla 11 se enumeran los diseños y dimensiones más propuestos en la bibliografía. En la Figura 24 se presentan fotos de pisos con los tres diseños más utilizados.

Tabla 11. Dimensiones sugeridas para diferentes configuraciones.

Ranura			Configuración
Ancho (cm)	Profundidad (cm)	Separación (a eje) (cm)	
1	0,5-1	5 a 7,5	Paralelas
1	0,5 a 1	10	Cruzada (diamante)
1	0,5 a 1	4,5	Hexagonal



Figura 24. Pisos con ranuras paralelas (foto izquierda), cruzadas (foto central) y hexagonal (foto derecha). (Fuente: INTA)..

Considerando aspectos operativos, costos y experiencias de productores, en este trabajo se propone la utilización del ranurado longitudinal para sectores de tránsito y permanencia de las vacas. Por este motivo, este diseño tendrá un mayor desarrollo.

3.2.1. Ranuras paralelas

Dimensiones y orientación

En la Figura 25 se muestra un esquema en corte de un piso con ranuras paralelas. En el mismo se indican las medidas a respetar en términos de ancho, profundidad y distancia entre las ranuras.

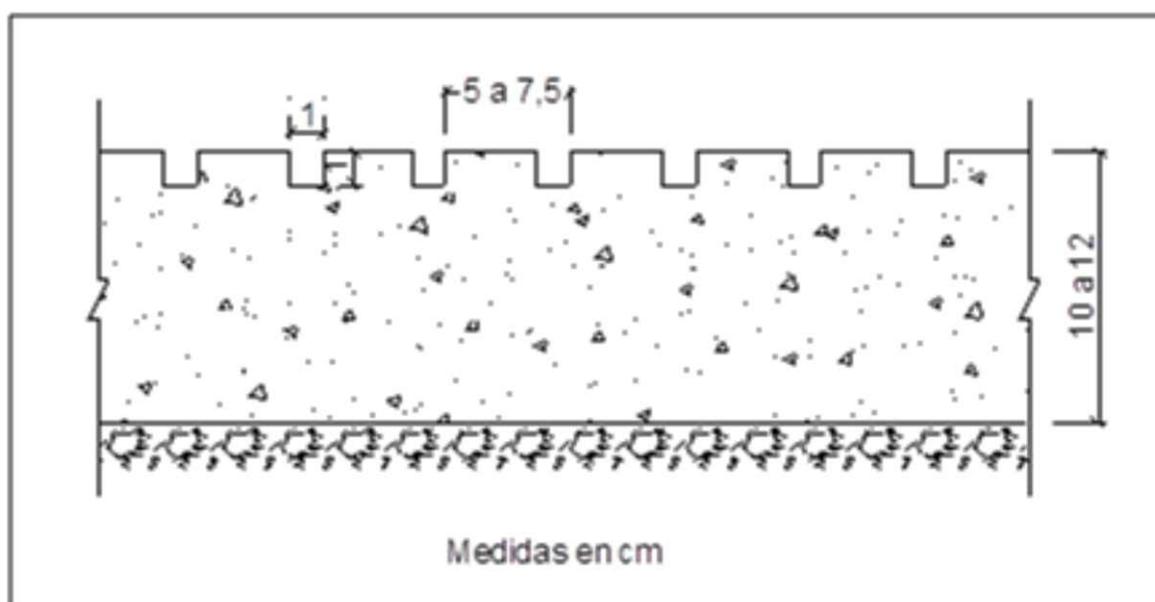


Figura 25. Dimensiones de las ranuras paralelas para pisos de tambo.

Es importante que las ranuras se orienten en el mismo sentido que la pendiente del piso, tratando de favorecer el lavado y la evacuación de los efluentes. En las Figuras 26 y 27 se muestran ranuras paralelas en sala de ordeño y corral de espera. En el primer caso, la orientación es lateral (en el sentido de la pendiente del piso). El agua de lavado es recolectada por debajo del sector de comederos o baranda de pecho y canalizada, posteriormente, hacia el corral de espera. En el corral de espera, el rayado es coincidente también con la pendiente y la circulación de las vacas (la pendiente es inversa al sentido de circulación).



Figura 26. Ranurado paralelo en piso de la sala de ordeño.



Figura 27. Ranurado paralelo en piso del corral de espera.

Cuándo y cómo deben ejecutarse el ranurado

El ranurado puede ser ejecutado en dos momentos: a) sobre hormigón fresco (blando); b) sobre hormigón endurecido.

● Ranurado en hormigón fresco

Se lo debe realizar tras el reglado y fratachado o llaneado de la superficie del piso. Se pueden acoplar a la parte inferior de la llana tiras o insertos con el relieve y separación de los surcos, de modo que con sucesivas pasadas de la misma quede definido el marcado. La técnica se denomina “ranurado flotante”.

Esta herramienta puede ser fabricada con una plancha de madera contrachapada, llevando en la parte inferior listones del mismo material, biselados con las medidas del surco (Figura 28).

Se la trabaja apoyándola y deslizándola sobre el hormigón fresco, procurando suavizarlo y marcar de modo uniforme los surcos. Con un trabajo esmerado, puede lograrse un dibujo en diamante mediante pasadas cruzadas.

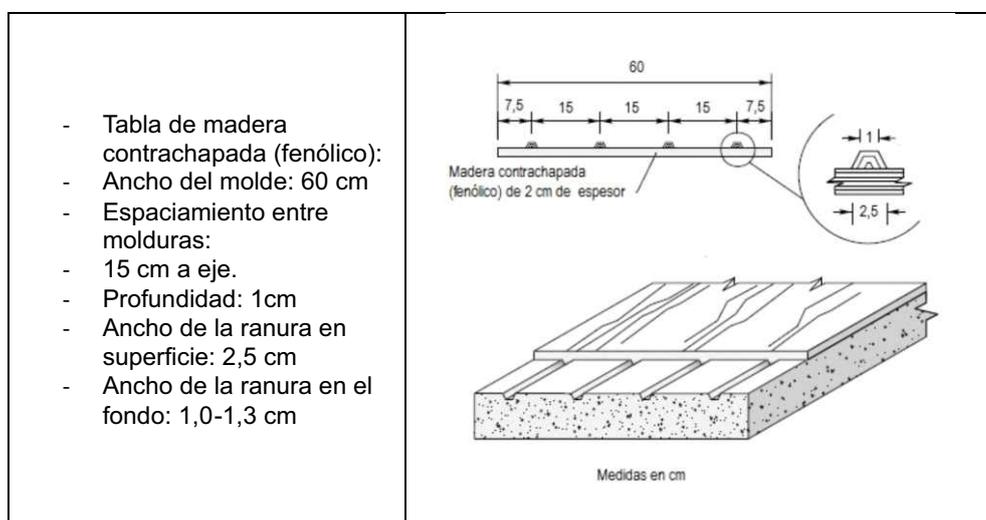


Figura 28. Llana de plancha de madera laminada (fenólico), con listones biselados de madera, sugerida por el Midwest Plan Service (MWPS 2000).

Este sistema de maderas con tiras también puede ser reemplazado por un molde realizado en carpintería metálica, con similares medidas. En este caso, el listón puede sustituirse por hierro ángulo normalizado de 16x16x3,2 mm (designación comercial: L 5/8x5/8x1/8). La Figura 29 ilustra la herramienta, el procedimiento y la terminación lograda.



Figura 29. Ranurado paralelo en hormigón fresco utilizando molde metálico. En este caso, el diseño es de 10 cm entre línea, 2,0 cm de ancho y 1,0 cm de profundidad. (Foto Azienda Agricola ZAMBIANCHI).

- **Ranurado en hormigón endurecido**

Se realiza en los primeros días de endurecido el hormigón, cuando la superficie haya alcanzado la suficiente resistencia como para que no se produzcan roturas por desprendimientos de los bordes. El marcado se recomienda realizarlo con aserradora de juntas para pavimentos, para garantizar que las trazas sean rectas, prolijas y de igual profundidad, empleando un disco de 9,65 mm de espesor.

En la Figura 30 se muestra esta operación y el excelente nivel de terminación que se logra. El costo de este procedimiento es mayor que el ranurado en hormigón fresco.



Figura 30. Ranurado con aserradora para pavimentos (foto izquierda). Acabado final de la superficie (foto derecha).

En superficies acotadas también puede utilizarse amoladora de mano. Es necesario prestar especial atención a la realización de la tarea con esta herramienta. En muchas oportunidades, la terminación lograda no responde a lo requerido y se obtienen resultados muy desprolijos.

3.2.2. Ranuras cruzadas y hexagonales

Con el objetivo de evitar resbalones en cualquier dirección y favorecer la tracción, algunos autores proponen la disposición cruzada (MWPS, 2000; Shearer y Amsltd, 2007). En estos casos es habitual construirlas bajo patrones de configuración cruzada (cuadrado, rombo) o hexagonal (Figuras 31, 32 y 33).

Estos tipos de ranurado presentan mayor dificultad para un correcto lavado y, al existir mayor dificultad para la evacuación de los efluentes, en ciertos sectores de la instalación permanecen siempre húmedos. Resulta interesante aplicar este tipo de diseño en ciertos sectores de la instalación donde exista mayor riesgo de caída y mayor tracción, por ejemplo: ingreso y salida en sala de ordeño, salida lateral de las vacas. En lugar de tránsito no exigido, no resulta conveniente utilizar este diseño.



Figura 31. Patrón en forma cuadrada en piso de sala de ordeño. Distancia entre las ranuras: 10 cm; ancho: ~1 cm; profundidad: ~ 0,5 cm. (Foto INTA).



Figura 32. Patrón en forma romboidal. Distancia entre las ranuras: 8-10 cm; ancho: 1 cm; profundidad: menor a 0,6 cm. (Fuente: Oostra et al., 2006).

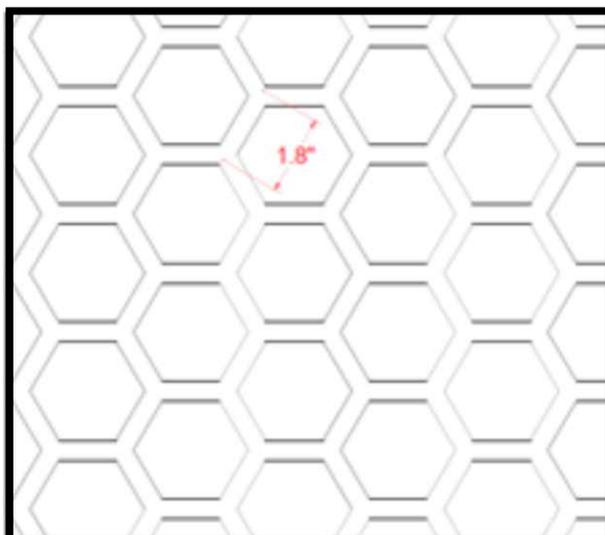


Figura 33. Patrón hexagonal propuesto por Dumelow (1993).
(Fuente: Gooch, 2013)

- **Ranurado en hormigón fresco**

Se pueden utilizar las herramientas descritas en las Figuras 28 y 29. Sin embargo, la repetición de la operación en sentido perpendicular presentará dificultades, por cuanto tenderán a sellarse los surcos de la pasada anterior.

Es de suma importancia encontrar el momento propicio para llevar a cabo esta tarea, siendo conveniente que el hormigón no esté excesivamente blando como para provocar la adhesión del mortero a la plancha, ni tenga tal grado de dureza superficial que impida el ranurado correcto. En estos casos es necesario contar con operarios competentes, que estén atentos al momento indicado para iniciar las tareas del marcado.

Otra técnica de aplicación muy difundida en la región es la del “estampado”. Para ello es habitual emplear una malla de acero electrosoldada aplicada en forma de plancha o en rolo. (Figura 34 y 35). En la práctica suelen emplearse mallas de venta en los comercios de la construcción, cuya separación entre barras excede las sugeridas en la Tabla 11 para un eficaz desempeño antideslizante.



Figura 34. Estampado con malla de acero electrosoldada.



Figura 35. Estampado con malla de acero electrosoldada mediante rolo.

En la Figura 36 se puede observar un rolo construido para para lograr un piso de estampado romboidal, y el resultado obtenido tras su aplicación.

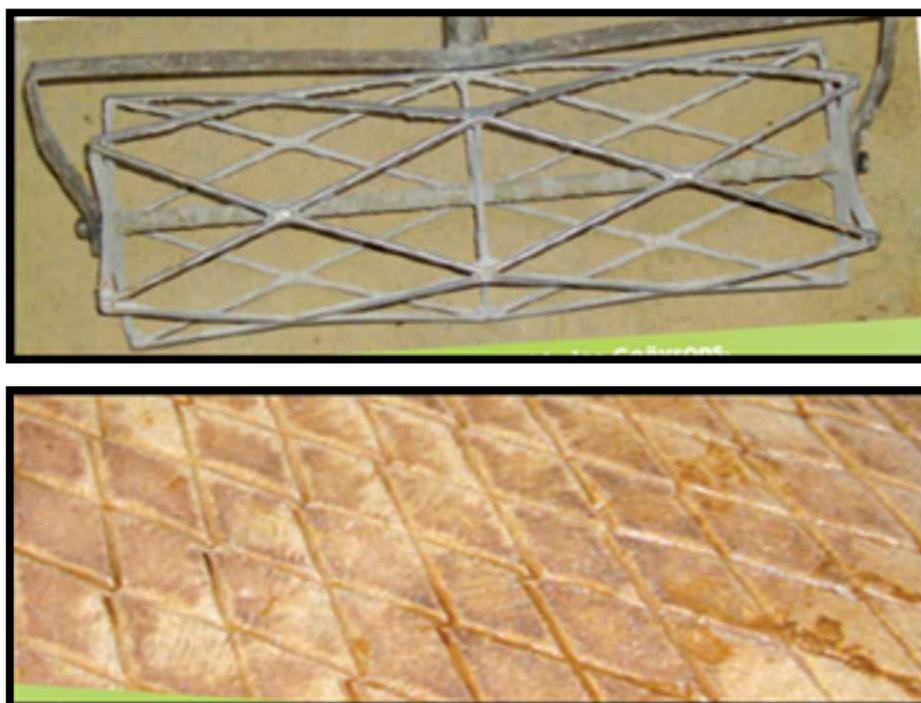


Figura 36. Rolo para estampado de patrón romboidal (foto superior) e impresión obtenida sobre el hormigón fresco (foto inferior).

Hay que ser muy cuidadosos en la operación de estampado, debiendo realizarse en el momento oportuno a fin de evitar la adhesión del mortero (cemento-arena) y el arrastre del material, además de tener que aplicarse una presión uniforme para lograr la profundidad adecuada. Cuando no se tienen estos recaudos, las terminaciones suelen quedar desprolijas con profundidades desiguales (Figuras 37 y 38).



Figura 37. Ranurado por estampado de malla de acero en Sala de Ordeño. El espaciamiento entre surcos, ancho y profundidad no son adecuados.



Figura 38. Ranurado por estampado de malla de acero en Corral de Espera. Piso con desgaste por uso.

En todos los casos, sea por estampado o ranurado flotante, es necesario efectuar un prolijo repaso y acabado de la superficie, eliminando las salientes y retocando los bordes y fondos de los surcos luego de finalizado el fraguado del hormigón y, preferentemente, dentro de las 24 hs de colocado.

- **Ranurado en hormigón endurecido**

Al igual que lo indicado en 3.2.1., en superficies acotadas también puede utilizarse amoladora de mano. Se destaca la dificultad que se tiene en lograr terminaciones adecuadas con esta herramienta (Figura 39).



Figura 39. Ranurado con amoladora de mano, desprolijo y muy poco efectivo para evitar la caída de vacas.

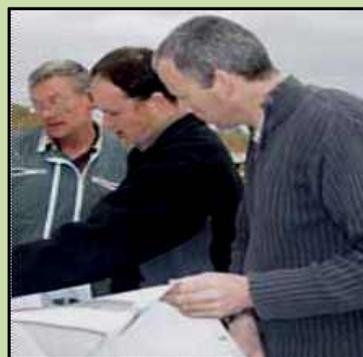
4. SÍNTESIS DE LOS PASOS CLAVES PARA CONSTRUIR PISOS DE HORMIGÓN

Movimiento de suelos		
Paso	Especificación Técnica	
1. Eliminar el suelo orgánico	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Delimitar la zona donde se construirá la base. ✓ Eliminar el suelo vegetal y orgánico existente hasta encontrar tierra firme. 	 
	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Distribuir capas de 15-20 cm de tierra arcillosa (tierra colorada). ✓ Humedecer y compactar utilizando herramientas apropiadas. ✓ Utilizar cal o cemento cuando el suelo no reúne las condiciones que garantizan el logro del objetivo. 	 
	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Continuar con capas sucesivas hasta alcanzar la altura de la base planificada. 	

Hormigonado y acabado superficial del piso

Planificar etapas de la obra

- ✓ Definir las etapas de la construcción y los tiempos previstos.
- ✓ Acordar con los proveedores y la mano de obra.



Definir hormigón a utilizar:

- ✓ Pedido a plantas elaboradoras:

En lo posible, privilegiar este material.
En la Tabla 7 se presentan las especificaciones del hormigón a solicitar.



- ✓ Elaborado en obra:

En la Tabla 8 se presentan las especificaciones del hormigón a elaborar.



Construcción del piso

Colocación del hormigón:

- ✓ Humedecer el terreno antes de su colocación.
- ✓ Medir la consistencia (asentamiento) con el cono de Abrams.
- ✓ Distribuirlo antes del inicio del fraguado del hormigón.



Construcción del piso

Vibrado:

- ✓ En hormigón “plástico” (5-10 cm de asentamiento) usar vibrador de inmersión.
- ✓ En hormigones “muy plásticos” y “fluidos” (más de 10 y 15 cm de asentamiento), compactar a mano con una varilla.



Acabado.

- ✓ Utilizando fratás de madera se logra una terminación más antideslizante que con llana metálica.
- ✓ Texturizarlo estando el hormigón aún fresco, antes del ranurado, si se desea mejorar la fricción entre la pezuña y el piso.



Curado:

- ✓ Proteger el hormigón, básicamente de la acción del sol y del viento, evitando la evaporación del agua de su masa, al menos durante los primeros 8 días.



Juntas

- ✓ Planificar debidamente la subdivisión del piso del tambo en paños de 4 o 5 m de longitud, y en superficies no mayores a 25 m².



- ✓ Sellar las juntas con un sellador adecuado (p.ej. poliuretánico), siguiendo las instrucciones del fabricante



Ranurado

Ranuras paralelas:

- ✓ Pueden realizarse sobre hormigón fresco o endurecido, siempre en sentido de la pendiente.
- ✓ Respetar las especificaciones.



Ranuras cruzadas. Pisos sintéticos:

- ✓ Combinar diferentes diseños (cuadrada, romboidal) y materiales (hormigón, sintéticos) según sector.



Recaudos constructivos							
Paso	Especificación Técnica						
Establecer pendientes pisos por sectores	Sala de ordeño:						
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Rango</th> <th>Óptimo</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="2">1,5 a 4%</td> <td>1,5 %. Lateral en brete espina (ordeño lateral)</td> </tr> <tr> <td>3-4%. Lateral en bretes lado por lado (ordeño por atrás).</td> </tr> </tbody> </table>	Rango	Óptimo	1,5 a 4%	1,5 %. Lateral en brete espina (ordeño lateral)	3-4%. Lateral en bretes lado por lado (ordeño por atrás).	
	Rango	Óptimo					
1,5 a 4%	1,5 %. Lateral en brete espina (ordeño lateral)						
	3-4%. Lateral en bretes lado por lado (ordeño por atrás).						
Corral de espera :							
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Rango</th> <th>Óptimo</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1,5 a 5 %</td> <td>1,5 a 3%. Inversa al sentido de circulación vacas</td> </tr> </tbody> </table>	Rango	Óptimo	1,5 a 5 %	1,5 a 3%. Inversa al sentido de circulación vacas			
Rango	Óptimo						
1,5 a 5 %	1,5 a 3%. Inversa al sentido de circulación vacas						
Plataforma de alimentación :							
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Rango</th> <th>Óptimo</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="2">1,0 a 3 %</td> <td>1,5-2%</td> </tr> <tr> <td>2-3% lavado por arrastre (flushed)</td> </tr> </tbody> </table>	Rango	Óptimo	1,0 a 3 %	1,5-2%	2-3% lavado por arrastre (flushed)		
Rango	Óptimo						
1,0 a 3 %	1,5-2%						
	2-3% lavado por arrastre (flushed)						
Espesor del piso	10-12 cm es suficiente para sectores de circulación de vacas.						
							

5. BIBLIOGRAFÍA

- AAHE (Asociación Argentina del Hormigón Elaborado), 2008. Manual de Uso del Hormigón Elaborado, Edición 2008. Disponible en: <http://www.hormigonelaborado.com> [Acceso 13-5-13].
- ACI (American Concrete Institute), 2001. *Guía ACI 201.2R-01. Guía para la durabilidad del hormigón*. Disponible en: http://www.inti.gob.ar/cirsoc/pdf/publicom/ACI_201_2R_01.pdf. [Acceso 12-3-13]
- Begliardo H., 2005a. Cementos; tipos, categorías y designación. NT-001, U.T.N. F.R. Rafaela. Disponible en:
http://www.frra.utn.edu.ar/secretarias/cyt/cientifico_tecnico/cementos.pdf. [Acceso 9-10-14].
- Begliardo H., 2005b. Cementos con adiciones: características distintivas. NT-002, U.T.N. F.R. Rafaela. Disponible en:
http://www.frra.utn.edu.ar/secretarias/cyt/cientifico_tecnico/cementos_2.pdf. [Acceso 9-10-14].
- Ed. Chambre D'Agricultura de Pays de la Loire. Ed. Noviembre de 2010
- Chandías M., 1977. *Cómputos y Presupuestos*. Ed. Alsina, 8ª Ed., Buenos Aires.
- Dal-Ré R., 1996. *Caminos rurales*. Mundi-Prensa, Madrid.
- De la Fuente Lavalle, M., 1995. *Suelo-cemento: usos, propiedades y aplicaciones*. Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto, México.
- ICPA (Instituto del Cemento Portland Argentino), 2013. *Avances en las características superficiales de los pavimentos de hormigón*. 5ª. Jornada de Hormigón en Uruguay. Disponible en:
<http://www.icpa.org.ar/publico/files/avances%20caracteristicas%20superficiales%20hormigon%20vf.pdf> [Acceso 03-02-15]
- ICPA (Instituto del Cemento Portland Argentino), 2012. *Diseño y construcción de juntas*. Disponible en: <http://www.icpa.org.ar/publico/files/02.pdf> [Acceso 03-02-15]
- ICPA (Instituto del Cemento Portland Argentino), 1974. *Manual de construcción de pavimentos de suelo-cemento*. Buenos Aires.
- ICPA (Instituto del Cemento Portland Argentino, s.f. *Aplicación de suelo-cemento para el mejoramiento de caminos vecinales y rurales*. Buenos Aires.
- INTI (Instituto Nacional de Tecnología Industrial), 2013. *CIRSOC 201:2005. Reglamento Argentino de Estructuras de Hormigón*, INTI, Buenos Aires. Disponible en:
http://www.inti.gob.ar/cirsoc/reglamentos_area200.htm [Acceso 9-10-14]
- IRAM (Instituto Argentino de Normalización y Certificación), 2010a. *Norma IRAM 50.000. Cemento. Cemento para uso general. Composición, características, evaluación de la conformidad y condiciones de recepción*. Buenos Aires.
- IRAM (Instituto Argentino de Normalización y Certificación), 2010b. *Norma IRAM 50.001. Cemento. Cementos con propiedades especiales*. Buenos Aires.
- IRAM (Instituto Argentino de Normalización y Certificación), 2012. *Norma IRAM 1.601. Agua para morteros y hormigones de cemento*. Buenos Aires.
- Moncayo, J., 1980. *Manual de pavimentos*. C.E.C.S.A., México.

MWPS (Midwest Plan Service), 2000. Dairy freestall housing and equipment (MWPS-7). Seventh Edition., Iowa State University, Ames, Iowa. Disponible en:

http://www.public.iastate.edu/~mwps_dis/mwps_web/87zgGwEKj.QDg.pdf [Acceso 03-6-2014].

Oostra H., Ventorp M. y Herlin.A, 2006. Golv för bättre välfärd hos mjölkkor. sveriges lantbruksuniversitet, JBT.

Disponible en: http://allan.jbt.slu.se/publikationer/misc_pub/KULMgolv.pdf [Acceso 13-10-2013].

Rosetti R. y Begliardo H., 2005. Generalidades sobre Compactación de Suelos. .UTN F.R.Rafaela, Departamento Ingeniería Civil, Laboratorio. Disponible en:

http://www.frra.utn.edu.ar/secretarias/cyt/cientifico_tecnico/compactacion.pdf [Acceso 20-5-2013].

Shearer J. y Van Amstel S., 2007. Effect of flooring and/or flooring surfaces of lameness disorders in dairy cattle. Western Dairy Management Conference. Reno, NV- Disponible en:

<http://www.wdmc.org/2007/shearer.pdf> [Acceso 15-10-14]



Proyectos vinculados

PID. "Aportes al mejoramiento constructivo de instalaciones de ordeño" (UTN)

PNPA 1126044. "Inocuidad, calidad, herramientas de innovación y bienestar animal en leche" (INTA).

PRET1 112601. Contribución al desarrollo territorial sustentable de la zona ganadera del centro norte de Santa Fe (INTACRSF)



Ministerio de Agricultura,
Ganadería y Pesca
Presidencia de la Nación