

# EL PLAN DE CONTROL DE CALIDAD DE MATERIALES

Juan Diego Bauzá Castelló. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos



*El aumento de la mentalidad del aseguramiento de la calidad en la construcción de obras de los distintos tipos, ya sean grandes o pequeñas, ha supuesto un desarrollo de los sistemas de control que hacen cada vez más necesaria su racionalización. Arrastrado por las tendencias ya implantadas en el sector industrial, el de la construcción empieza a asumir que la garantía de la calidad estriba en un control total de los medios, procesos y resultados que sea capaz de asegurar en un cierto grado un nivel de satisfacción predefinido al cliente.*

Esta mentalidad tiene su más visible exponente en los llamados "sellos de calidad", pero se ha manifestado durante muchos años atrás en los diversos conceptos e interpretaciones que han ido conformando el sistema actual de control de calidad en la construcción: autocontrol, control final, esquemas directores de la calidad, planes de aseguramiento de la calidad, seguro decenal, etc..

La aplicación de cada vez más recursos al control de calidad o su aseguramiento, según se quiera entender o denominar, hace cada vez más necesario racionalizar su empleo. En una sociedad de "recursos escasos" y asignados con criterios ajustados, es absurdo pensar que se deben asignar al control de la calidad más medios de los que, explícita o implícitamente, se está dispuesto a asumir frente al coste de la presunta "no calidad".

La racionalización de los recursos destinados al control de calidad es la base de la aparición de los Planes de Control, que no son otra cosa que la herramienta que planifica, cuantifica y establece los controles que, para un nivel de riesgo aceptado y de medios asignados consecuentemente, plasman su aplicación para conseguir la optimización de los mismos de cara a asegurar el nivel de calidad perseguido.

## EL PLAN DE CONTROL

Si bien es posible hablar de Plan de Control como la planificación de las actuaciones emprendidas para asegurar cualquier aspecto de la construcción (calidad, forma, ejecución, etc.), en el presente documento nos limitaremos al estudio de los Planes de Control de Calidad de Materiales, como una especialidad dentro de dicha generalidad.

No obstante, la mayoría de los conceptos y aspectos que aquí se recogen pudieran ser de aplicación de cualquier otro tipo de Plan de Control.

A continuación en este documento se pretende desarrollar en algunas maneras las líneas y conceptos generales que constituyen un Plan de Control, habiendo preferido su exposición en una forma más ilustrativa aunque pudiera parecer menos técnica.

### **Definición**

Podemos definir el Plan de Control de Calidad de los materiales de una obra como el documento que sirve de base, guión y referencia para la sistematización de dicho control. En este sentido, debe establecer la sistemática del control propuesto, plasmada en una serie de controles razonados y justificados, tanto en tipología como en cantidad, que garanticen, en la medida propuesta el nivel de control perseguido.



Por ello, el plan de control de una obra particular debe contemplar, al menos, los siguientes aspectos, para cada unidad de obra o parte de ella objeto de control:

- 1) Medición representativa, tomada del proyecto o estimada en base a parámetros "tipo" indicados en la tabla.
- 2) Finalidad del control o ensayo propuesto
- 3) Método de ensayo a aplicar para el control
- 4) Norma que regula el ensayo a realizar
- 5) Tamaño de lote adoptado
- 6) Tamaño de la muestra considerado
- 7) Número de ensayos resultantes de la aplicación del criterio
- 8) Valoración del Plan

Evidentemente, existe la tentación general de establecer "planes de control genéricos o comodines" de aplicación a cualquier tipo de obra. Esta tentación es inútil e infructuosa.

Existe en la actualidad una gran diversidad de documentos, instrucciones, pliegos, etc. que establecen tipos de ensayos, frecuencias, lotes y controles tan dispar que es casi imposible su recopilación en un documento práctico y eficaz. Tan sólo serviría dicha tarea para plasmar

un trabajo de "bibliografía" de dudosa utilidad práctica. Y queda claro que la redacción de un Plan de Control debe ser algo eminentemente práctico.

Además, incluso dentro de un mismo campo de la construcción existe tal diversidad de obras por su tamaño, tipología, ubicación, métodos constructivos, etc. que es casi imposible establecer el plan genérico que sea capaz de incorporar la flexibilidad necesaria para su aplicación. Así, no es difícil imaginar que un plan ajustado para grandes inversiones de construcción de autovías no tiene nada que ver con otro para obras de conservación de una gerencia municipal de urbanismo, y, ni tan siquiera, para una empresa promotora de urbanizaciones, incluso de gran superficie. ¡Y qué decir para una obra de edificación!.

Finalmente, el objeto de plan de control es otro condicionante que establece su singularidad: No es lo mismo un plan de ensayos para el control de la calidad en la producción, del tipo que puede establecer una empresa constructora como integrado en su propio sistema de aseguramiento de la calidad, que un plan de recepción y/o verificación que puede establecer una "propiedad" o promotor para evaluar si la obra ejecutada por un contratista satisface sus propios requisitos. El objeto, la intensidad y los reconocimientos probablemente difieran tanto que lo hagan totalmente dispares.

### **Objeto del Plan de Control**

Una vez establecida la definición de lo que es un Plan de Control, como se ha visto es importante establecer el objeto del mismo. Como ya se ha apuntado en el punto anterior, existen multitud de posibilidades en cuanto a enfoque y tipología de un plan de control que es necesario acotar y definir previamente para diseñar el Plan de Control adecuado a cada fase, obra y momento.

En este sentido, en primer lugar, en la caracterización de un plan de control hay que establecer su objeto. Así pueden idearse o concebirse Planes de Control, por ejemplo de:

- Producción
- Verificación
- Auditoría

Un Plan de Control de producción , asociado en principio a una empresa constructora (productora), es el que persigue asegurar que los métodos empleados en el proceso constructivo (productivo) consiguen los resultados esperados en cuanto a calidad de los materiales empleados y de las unidades ejecutadas.

Un Plan de Control de verificación podría ser aquél que acomete un promotor (cliente o propiedad) para comprobar la calidad del producto entregado. También se emplean otros términos para su denominación,

tales como de recepción, control final, etc.. Si bien es cierto que este control también es susceptible de aplicarse en niveles intermedios del proceso productivo, esto sólo tendrá interés cuando exista la posibilidad técnica y/o contractual para aceptar o rechazar una unidad antes de su entrega. En principio los Planes de Control de verificación suelen ser independientes del propio Plan que, en su caso, pueda establecer el productor o constructor.

Finalmente, otra posibilidad de uso muy generalizado es la de los Planes de Control de auditoría, también conocidos como de contraste. Esta variante es una composición de los Planes anteriores que se basa en admitir por parte del cliente como válidos los controles del productor y exigirle a éste su entrega, para establecer puntos de inspección, calibración y controles de comprobación. Evidentemente esta posibilidad es singular en cuanto supone contar con la total colaboración, voluntaria o impuesta, del constructor o productor para acceder a sus ensayos de control de producción y para aplicar controles alternativos o de contraste en puntos intermedios del proceso productivo. Si no se cuenta con esta posibilidad, cualquier composición que se haga "disfrazando" el Plan de Control como de auditoría será un auténtico fracaso, ya que sólo se podrá atender a una información sesgada por parte del productor que, probablemente tienda a ocultar al auditor cuanta información pueda perjudicarle.

Es obvio que la intensidad de estos Planes diversos no puede ser la misma, si se entiende y aplica de manera coherente. Claramente, el control que debe realizar un productor no puede ser el mismo que el que debe aplicar el cliente. El riesgo es diferente, pero también lo son los momentos en que es posible aplicar puntos de control. Y de la misma manera, aunque pueda parecer extraño mencionarlo, puede que los objetivos de calidad perseguidos tampoco sean los mismos.

En primer lugar, el productor o constructor, en este caso, dispone de todo el proceso productivo para aplicar medidas de control, mientras que el cliente o promotor tan sólo debe aplicarlos en la fase final de cada estadio, ya que si persigue la aceptación o rechazo de una unidad de obra debe examinarla en estado de entrega. Y esto no sólo da más posibilidades de control, sino que también otorga al productor más capacidad de control en el sentido de que sabe cómo evoluciona la calidad de su unidad a medida que avanza el proceso productivo: Mientras que el cliente sólo sabrá que la unidad está bien o mal ejecutada cuando la reciba, y una vez que adopte dicha decisión el riesgo que asume es en cierto modo desconocido, el productor puede, si aplica en toda su intensidad el control de producción, conocer en todo momento el nivel de calidad de su producto y, por tanto el riesgo que corre de no aceptación del mismo en el último momento.

Además, otro aspecto a considerar que diferencia los Planes de Control según su objeto es el nivel de calidad perseguido: Mientras que al cliente puede interesarle más la obtención de valores medios dentro de un rango

de aceptación, al productor, por puros criterios economicistas (¿erróneos?) puede interesarle "rozar" los niveles de tolerancia permitidos por su banda inferior. Y esto es así, no sólo porque puede ahorrarse dinero, sino porque conoce y controla mejor su producto desde el primer momento.

Ejemplos claros de esto lo constituyen la posibilidad de comprar áridos de peor calidad (aunque aceptables) para su aportación en mezclas bituminosas, dado que al final se controla la unidad completa y, a veces, incluso hay características que no se pueden detectar en la unidad ya construida. O el empleo de hormigones "peores" o vigas de diferente esquema de armado al previsto en estructuras, de las cuales a veces tan sólo se comprueba su comportamiento a flexión en niveles de carga muy lejanos a los límites (pruebas de carga).



### **Alcance del Plan de Control**

Una vez definido el objeto de un Plan de Control, el siguiente paso es definir su alcance, que estaría intuitivamente asociado al nivel de intensidad del control que se persigue.

Este nivel o alcance en principio debería ser casi inherente al objeto, pero la verdad es que esta cuestión se soslaya con mucha frecuencia debido a los condicionantes económicos que influyen en la redacción de un Plan de Control.

Así, no parece lógico concebir un Plan de Control de producción que no tenga un cierto nivel de "intensidad" tal que le garantice al constructor que conoce el riesgo que asume con su proceso y con los materiales que emplea. Y es que ¡el peor riesgo es el que no se conoce!.

Esto, que parece un contrasentido, en la realidad no es así. Parece curioso que en esta época en que los constructores de obras se limitan en la mayor parte de los casos a comprar los materiales a terceros, deberían establecer controles intensos en la recepción ya que la no aceptación de los mismos haría recaer el coste sobre el proveedor de manera contractual, mientras que su aceptación por ignorancia traslada la responsabilidad a sus propios costes. Pero, si el constructor fuera coherente con este simple principio, debería realizar un control de suministro de materiales que, casi con toda seguridad, para que fuera asumible por sus costes, debería incorporarlo a su propia organización, o sea, montar su propio laboratorio. Sabemos que lo rentabilizaría. La pregunta evidente es por qué no existen en la mayoría de las obras estos laboratorios de recepción si parece claro el razonamiento anterior. Y la respuesta, triste pero real, es porque no existe el control final del cliente.

Sin entrar más en profundidad en la casuística o anécdota mencionada, de ella se deduce que el alcance de un Plan de Control, identificado con su intensidad depende, fundamentalmente, de dos aspectos principalmente:

- Del tipo de Plan de Control, de entre los definidos o del resto de la gama posible; y
- Del resto de los elementos del sistema conjunto de control de la cadena, es decir, de los controles externos, del cliente, etc., que pudieran existir: En una palabra, del riesgo que se asume.

Luego es posible extraer la consecuencia clara de que la intensidad de un Plan de Control no es un aspecto caprichoso ni aislado y que, si así se concibe, puede dar lugar a un desperdicio de recursos del que se debe huir. Y tristemente, este desperdicio se producirá tanto por exceso de control (si no lo valora o detecta el cliente), como por exceso de unidades rechazada (si el control final es mucho más intenso).

Por definir más las posibilidades de alcance de un Plan de Control, podemos decir, a grandes rasgos, que existen tres tipos de niveles:

- Control aleatorio por muestreo simple
- Control estadístico por lotes
- Control intenso

Las dos situaciones extremas de muestreo simple o intenso no requieren mayor comentario. Sin embargo, la definición de los controles estadísticos, que son los más usados en la actualidad (al menos en teoría), requieren la definición de una serie de conceptos adicionales que justifiquen su diseño.

Estos conceptos se desarrollarán en los siguientes apartados.

## **NOCIONES BÁSICAS**

### **Unidades a controlar**

El primer concepto a establecer en la plasmación concreta de un Plan de Control son las unidades y/o materiales a controlar.



Esta decisión, que se deduce de la tipología de la obra y del proyecto que la define, debe ser adoptada en base a las mediciones de cada unidad y/o elemento.

En principio, deben ser unidades a controlar todas aquellas cuya importancia sobre el nivel de calidad final de la obra se considere de relevancia. Pero es necesario matizar esta definición. Así, hay ocasiones en que el concepto anterior no es tan claro o su aplicación no es fácil.

Una primera cuestión es la posibilidad o no de controlar los materiales constituyentes que, por sí solos, no llegan a definir una unidad de obra, sino que forman parte de la misma de manera inseparable bien por aglomeración, bien por adición, etc. Es el caso frecuente de áridos, conglomerantes, capas de compresión, etc. cuyas características se suponen se "incorporan" a un conjunto de elementos para constituir una unidad de obra con características independientes o diferentes de las de sus componentes.

Esta posibilidad de control de los componentes no es factible en todos los Planes. En función de su objeto, como ya se ha definido, el controlador tendrá o no acceso a la investigación de los materiales constituyentes. Otras veces, este acceso, aunque es posible, no es representativo, porque se corre el riesgo de tomar muestras sesgadas o no representativas bien por las condiciones de la toma bien por el proceso de selección de la muestra (como cuando se "pide" una muestra a un proveedor o suministrador o, por ejemplo, se le indica previamente la zona a ensayar con tiempo para su "preparación"). Otras veces, finalmente, este análisis de componentes no es ni siquiera deseado, dado que al cliente puede no interesarle el estudio de estadios intermedios y tan sólo se preocupa por la situación final de la unidad de obra, como puede ser en algunos casos de Planes de Control de verificación o recepción.

Otra cuestión a considerar a la hora de discernir sobre si controlar o no un material o una unidad de obra es la posibilidad real de ejecutar el ensayo de manera representativa y que sirva para adoptar una decisión sobre el control. Así hay unidades sobre las que sí es evidentemente posible fijar ensayos de control pero que, bien por su escasa aceptación, bien por la escasa información que habitualmente se deduce de los mismos, no merece la pena invertir recursos en su control, siendo más interesante desviarlos hacia otros aspectos de control de mayor nivel de incidencia. Este podría ser el caso de las placas de carga en suelos y zahorras, cuyos resultados pocas veces arrojan datos válidos para el control, salvo que su ejecución se realice en unas condiciones que casi nunca se reproducen.

También es ilustrativo mencionar la posibilidad de tratar unidades cuyo control por algunos métodos es a veces incluso más costosa que la propia unidad: Así, ensayar un bordillo o romper por aplastamiento una tubería de gran diámetro, en obras en las que se emplea poco volumen de estas unidades, puede suponer un coste inasumible para la misma.

Finalmente, otra posibilidad a considerar es que las características del material no sean de interés para la calidad final de la obra, bien por su bajo nivel de exigencia (hormigones de limpieza o en elementos auxiliares) bien por su baja representatividad en el volumen de la misma (bordillos en edificaciones, casetas de bombeo en grandes conducciones), lo que se evidencia si somos capaces de valorar el riesgo

que se asume con estas unidades en proporción al de la obra en su conjunto.

En definitiva, la selección de las unidades a controlar no debe ser caprichosa ni simplista, y se debe basar en, al menos, los siguientes aspectos o criterios:

- Tipo del Plan de Control y su alcance
- Repercusión de la calidad de la unidad sobre la de la obra en su conjunto
- Volumen de la unidad, absoluto y relativo al total de la obra
- Coste del ensayo o control en proporción a dicho volumen
- Posibilidad de obtener información válida de la unidad a través de ensayos.

### **Finalidad del control**

Deben ser objeto de control aquéllas características de materiales o unidades de obra que sean susceptible de aportar alguna información sobre su aptitud para su empleo.

Estas características deben ser representativas de cualidades de los materiales en cuanto a la funcionalidad de la unidad que conforman, en cualquiera de sus aspectos de:

- Durabilidad
- Nivel de servicio
- Capacidad mecánica

Por otra parte es importante que las magnitudes objeto de control sirvan para adoptar decisiones. No tiene ningún sentido "ensayar por ensayar", por muy buen ejercicio teórico que pudiera parecer. Todo aquello que no conduzca a servir de base para la aceptación, rechazo o evaluación de la capacidad de un material no tiene sentido que sea analizado en esta fase de obra.

### **Método de control**

La práctica, los diversos estudios teóricos o la propia modelización de la unidad de obra en cuestión han llevado a la fijación de unos procedimientos normalizados para la evaluación de las características o magnitudes objeto del control.

Incluso, en la mayoría de las ocasiones, estos procedimientos han sido regulados o establecidos por organismos certificadores, investigadores o instituciones que le han conferidos el carácter de "norma" oficial.

En este sentido, la mayoría de las características a controlar tienen definido un proceso estándar de análisis que regula su estudio. Más aún, parece lógico pensar que toda característica o magnitud cuya determinación no se encuentre regulada por algún procedimiento específico, es susceptible de alcanzar valores diferentes en función de las diferentes condiciones de análisis a que sean sometidos.

Por ello, podemos decir que, para cualquier magnitud que se haya decidido sea objeto de control, es necesario establecer la norma o procedimiento de control.

La tecnología de los materiales en estas fechas está lo suficientemente desarrollada para asegurar que la casi mayoría de los ensayos están regulados por una u otra norma casi universalmente reconocida, al menos en los ámbitos en que usualmente nos movemos.

En este sentido, existen diversos grupos de normas de las que las más usuales son las normas NLT, UNE, ASTM, etc..



### **Referencia**

Dado que las relaciones entre el cliente, promotor o propiedad y el productor o constructor se suelen establecer dentro de un marco contractualmente preestablecido, en el momento de definir un Plan de Control es necesario determinar las normas o referencias básicas en que se fundamentan cuantos requisitos de calidad, plasmados en criterios de control y/o aceptación pensemos establecer.

Estas referencias, usualmente establecidas en forma de alusión o exigencias de textos universalmente aceptados, como la "EHE", el "PG-3", etc., deben especificarse por dos motivos fundamentales.

En primer lugar, por dar un mayor rigor o formalidad a un control estableciendo exigencias universalmente aceptadas, y no caprichosas o sencillamente arbitrarias. En segundo lugar, porque en el momento actual, es casi imposible encontrar un técnico que reúna el conocimiento de todas las unidades que componen una obra y, dado que en muchas de ellas, la designación del Director de una Obra, como intérprete de las relaciones que rigen su ejecución, es posterior a la del proyecto, es mejor dejar las bases del control establecidas en parámetros fijos (las referencias) que permitan ante cualquier eventualidad la resolución de dudas o incertidumbres en la obra.

Finalmente, el establecimiento de estas referencias sirve para el posible reajuste del Plan de Control en momentos posteriores a su redacción si se alteran condiciones de la obra: Por ejemplo, a redefinir lotes, criterios de aceptación, o tipos de ensayos, en función de que aumenten o disminuyan los volúmenes, de que se fabriquen unidades in situ o en planta ajena a la obra, que se prefabriquen elementos, etc..

Por todo ello, es ciertamente bueno para avalar la aplicación de un Plan de Control la referencia a textos aceptados de los ensayos o controles propuestos. ¡Y más aún si las referencias son de obligado cumplimiento!.

Esta fijación de referencias, debe realizarse lo antes posible en el proceso contractual mencionado, ya que, según el momento en que se redacte el Plan de Control (en fase de proyecto, antes de la adjudicación o posterior a ella), las posibilidades de fijar documentos de referencia estará más o menos limitada.

## **Lote**

El concepto del "lote de control" es quizás uno de los más importantes de los que se establecen en un Plan de Control de calidad, junto con el de la muestra que se verá en el próximo apartado.

El lote es un conjunto o un grupo de elementos constituidos por una misma unidad de obra que puede considerarse homogéneo a los efectos de su control. Es decir, unidades de obra con componentes iguales, procesos de construcción y condiciones de ejecución (ambientales, de producción, etc.) similares, tal que no existe base para pensar que en una parte del conjunto (lote) en principio, deban detectarse características diferentes a las detectadas en otra cualquiera del mismo.

La idea del lote es fácilmente asociable por intuición a elementos como tongadas de terraplenado, bloques de hormigón, partidas de acero, partidas de betún, rollos de lámina, etc..

Amén de que el lote se constituye como la "unidad de control" por excelencia, su otra característica principal es que en función de su tamaño se cuantifica el Plan de Control. Y precisamente la fijación del tamaño del lote es una de las fases más críticas de la elaboración del Plan. Esto es claro, ya que de una misma medición de una unidad de obra, distintos tamaños de lote proporcionan distinto número de "unidades de control". Es decir, reducir el tamaño de un lote a la mitad supone duplicar los ensayos y, por tanto el presupuesto de esa partida.

La fijación del tamaño del lote pudiera parecer al profano un valor caprichoso y adaptable a las necesidades particulares. Pero no es así. Fijarlo supone tener un profundo conocimiento del proceso de construcción de una unidad y del control que se va a realizar sobre la misma.

El tamaño de un lote depende, esencialmente de dos factores:

- El ritmo de producción de la unidad de obra
- El tiempo de reacción ante los posibles resultados que se obtengan del control

En cuanto al ritmo de producción, parece obvio que está asociado al tamaño del lote por cuanto puede representar la uniformidad del proceso de ejecución y las condiciones ambientales. Este ritmo marcará así unidades homogéneas que pueden asociarse a espacios temporales tales como el día (hormigones, terraplenes), la semana (betunes) o incluso menores en otros casos.

No obstante, también es necesario puntualizar que hay que saber distinguir cuando una limitación temporal es real o sólo coyuntural: A veces la única diferencia entre un punto de un terraplén y otro adyacente ejecutado en días consecutivos tan sólo es "que dieron las seis de la tarde". Y puede que esto no deba ser motivo para pensar que ambos no forman parte de la misma unidad homogénea de control (si no se han alterado el resto de condiciones). Y de igual manera, hay que saber discernir si, aunque toda una tongada se ha colocado en el mismo día, han actuado dos equipos de compactación diferentes (extensión de aglomerado en paralelo) o el vertido de hormigón se ha realizado con medios diferentes de manera simultánea (en los paños de un depósito).

En cuanto al tiempo de reacción ante un control, podemos definirlo como el conjunto del tiempo de respuesta a la solicitud de un ensayo, de su ejecución, informe y comunicación a la Dirección de obra para la aceptación y/o rechazo de una unidad.

Evidentemente esto influye en el proceso de control ya que no sirve de nada adoptar tamaños de lote muy reducidos para ensayos de gran duración que, ante resultados adversos, sólo sirvan para sembrar intranquilidad en la ejecución final pero no den la posibilidad de reacción por haber sido cubierta, embutida o enterrada la unidad en otra.

Como puede apreciarse también se imbrica en la definición y cuantificación del lote el tipo de ensayo a ejecutar: Hay que seleccionar controles que sirvan para adoptar decisiones, como ya se ha dicho. Y no sólo porque su resultado sea comparable con un patrón dado, sino además, por que su proceso de ensayo sea compatible tanto con el proceso de ejecución, como con la importancia de la característica de la que se informa.

Este es así el motivo de la adopción de controles "indirectos" que, aunque no dan valores de características principales directamente, sí lo hacen por correlación: Es el caso del control de densidades en los terraplenes, cuando usualmente para el cálculo analítico se usan los C.B.R.. Mientras que el ensayo de densidad es casi "inmediato", el del C.B.R. requiere varios días para su ejecución.

Finalmente, aunque en las líneas anteriores se ha pretendido transmitir la necesidad de acotar el lote por su tamaño mínimo, también parece recomendable sugerir la idea de acotar su tamaño máximo: Aunque seamos capaces de asegurar que un gran volumen de una unidad de obra está ejecutada en "idénticas" condiciones, dado que sobre los resultados del control hay que basar decisiones de aceptación y/o rechazo, es bueno subdividir el "lote constructivo" en porciones inferiores susceptibles de aprobación independiente.

Así, por ejemplo, en principio, podríamos pensar que si un suelo proviene de una cantera con materiales muy uniformes (según se contraste en los ensayos de identificación) y se ejecuta con medios y

condiciones "estables" (no cambia el subcontratista, ni las condiciones climatológicas y se obtienen ensayos de compactación homogéneos), el lote por razones constructivas pudiera ser tan grande como el volumen de material a emplear en dichas condiciones. Pero, evidentemente, no parece lógico esperar a aceptar todo el lote al final de su ejecución, y menos aún que, por desviaciones en los resultados de una parte del mismo se comprometa la aceptación de todo un "tajo de obra". Ejemplos similares pueden plantearse en hormigonado de pilares o losas, fabricación de mezclas bituminosas o suministro de elementos prefabricados.

Este es uno de los motivos de la fijación de volúmenes máximos de lote en dichas unidades de obra, asociándolo a tamaños más acordes con posibles decisiones de aceptación y/o rechazo, tales como los clásicos y conocidos de 50/100 m<sup>3</sup> de hormigón, 5.000 m<sup>2</sup> de tongada de terraplén, 10 % de la red de colectores, etc..

## **Muestra**

Al igual que el concepto del lote existe otro de igual importancia en la definición de un Plan de Control, que es el de la muestra. Y quizás esté peor considerado aún en proporción a su importancia relativa.

A veces se cuestiona por qué tomar muestras múltiples sobre lotes mayores cuando "parece más racional" tomar lotes menores y muestras singulares. Y el motivo no es caprichoso, como se verá, sino que parte de la idea de que el control que normalmente se realiza en las obras es estadístico, no total, y que es necesario obtener los datos sin perder ese horizonte.

Si no existieran incertidumbres o diferencias entre las características de todos los componentes de un mismo lote de control, evidentemente, tomando uno de ellos y analizándolo tendríamos información sobre todos los demás. Pero esto no es así.

La realidad es que se asume que existe una dispersión en los resultados que somos capaces de detectar dentro de un mismo lote. Por tanto, si tomamos sólo una muestra de dicho lote, no sólo no podemos asegurar que sea representativa, sino que con "casi toda seguridad" podemos dudar de la decisión que se adopte en la misma proporción de la dispersión de los resultados esperables. Es decir, si el material es muy disperso en resultados, podemos encontrar de todo, mientras que si el material es muy homogéneo, las oscilaciones serán más reducidas y el resultado será más indicativo.

Por tanto, parece evidente que es necesario para cada tipo de material y ensayo, definir el tamaño de la muestra que debemos tomar sobre el lote determinado para poder estimar su aptitud.

Pero hay más aún: El tamaño de la muestra dependerá también de la certeza con que queramos avalar nuestra decisión. O lo que es lo mismo, si quisiéramos tener certeza absoluta de cumplimiento de una características en un material disperso, no nos quedaría otra alternativa que ensayar todas las unidades que componen el lote. Mientras que si nos conformáramos con una certeza de un 50 %, parece intuitivo (aunque no sea del todo cierto) que ensayando solo una parte de ellas podríamos ver si se mantiene la proporción. Pero... ¿qué parte?.

Pues dependerá del tratamiento que demos a los resultados. Por ejemplo, para calcular una media será, evidentemente necesario tener más de una muestra. Y si lo que se persigue es una desviación, necesitaremos más aún.

Ejemplos prácticos de tamaños de muestras diferentes de la unidad en función del tratamiento estadístico son las cinco densidades por cada 5.000 metros cuadrados en control de compactación de terraplenes, las tres probetas de mezcla bituminosa para el estudio Marshall, o las dos familias de dos probetas para comprobar resistencias de hormigones.

En definitiva, sin entrar en más disquisiciones, la muestra representativa de un lote es otro valor a determinar que no tiene por qué ser la unidad, y que depende, en todo caso de los siguientes parámetros:

- Grado de desviación o dispersión de las unidades a controlar
- Grado de confianza o seguridad que queremos en la decisión

y, en otro grado, del propio error del proceso de ensayo, aunque quizás este concepto sea más complicado en este punto.

### Criterios de aceptación

El último aspecto a considerar en un Plan de Control es la existencia y posibilidad de establecer criterios de aceptación para las unidades de obra en función de los resultados de los controles.

Inicialmente, la fijación de estos criterios excedería el alcance de la elaboración de un Plan de Control, por ser competencia del autor del proyecto o, en última instancia del Director de la Obra en su capacidad por interpretar el proyecto en construcción.

Pero sí es responsabilidad del técnico que redacta el Plan de Control de una obra la comprobación de que existen criterios establecidos, directa o indirectamente, para confrontar los resultados obtenidos. Como ya se ha comentado, no sirve de nada emitir resultados de ensayos si éstos no sirven para la caracterización de los materiales desde el punto de vista de su idoneidad en la unidad de obra en la que se han concebido.

Esta función o papel del Plan de Control, casi como revisión del proyecto a controlar, en la mayoría de los casos supera las posibilidades del

equipo de control, que tan sólo cuenta con una información parcial de la obra a ejecutar. Pero debe quedar claro que, al igual que no tiene sentido concebir un equipo de control "aislado" o "independiente" del equipo de Dirección, no tiene sentido pensar en un Plan de Control "fuera" del proyecto a controlar.

## **ELABORACIÓN DEL PLAN DE CONTROL**

De todo lo anterior es posible deducir varias ideas clave que condicionan la redacción de un buen Plan de Control.

Enumerando las principales, un Plan de Control debe:

- Ser redactado por un técnico con conocimientos suficientes de las obras como para identificar sus objetivos, parámetros de aceptación, producciones características, unidades críticas, etc..
- Ser redactado por un técnico con conocimientos de los controles o ensayos que pretende aplicar.
- Partir de unos criterios claros de aceptación y tratamiento de resultados previos a los que adaptar la sistemática de control

Una vez definidos todos los parámetros mencionados de manera coherente es fácil establecer el proceso de secuencia lógica para cada unidad susceptible de control de:

## **TRAMIFICACIÓN DE LA OBRA**

Una vez elaborado un Plan de Control, si bien no entra dentro de las actividades propias de la redacción, la siguiente fase es su "apoyo" en la obra.

Durante todas las fases anteriores se han manejado los conceptos de unidad de obra, medición y lote que, a la hora de la verdad, tienen una expresión y forma clara en la obra.

Un Plan de Control no estará adaptado a una obra si no es posible establecer una relación biunívoca de cada uno de los lotes y controles propuestos con una partida de obra. Y esta relación debe establecerse antes del inicio de la construcción.

Como ya se ha dicho, esta tarea excede la de redacción propiamente dicha, pero es necesario tenerla como norte durante la misma. No será posible llevar a cabo un Plan de Control que no puede "apoyarse" en la obra, que sus lotes no sean representativos, que sobre o falten, o que las unidades no se correspondan con la realidad de la obra.

Esta conexión de los lotes establecidos para el control con las distintas unidades de obra no es otra cosa que la tramificación de la obra: La división de cada unidad de obra a controlar en partidas homogéneas susceptibles de constituir la "unidad de control" definida.

Esta tramitación se deberá realizar de manera conjunta, coordinada o aceptada por el controlador, el constructor y el Director de la Obra. De esta manera se incorporarán en este ajuste los condicionantes de ejecución, sistemas de control y criterios de aceptación que deben imponerse en la ejecución final.

## **AJUSTE DEL PLAN DE CONTROL**

Una vez elaborado un Plan de Control, siempre que se parte de planes previos o planes generales aunque sea en base a modelos establecidos por la experiencia o las indicaciones de documentos o recomendaciones preexistentes, es frecuente y muy probable que exista una disociación entre el volumen y/o alcance del Plan redactado y su objetivo final.

Esta disociación puede venir motivada por varios aspectos, pero no es más que un reflejo de una de las características que se han mencionado anteriormente de los Planes de Control: Su especificidad y particularidad para cada obra.

En primer lugar es posible y bastante frecuente que el Plan de Control elaborado no se ajuste a los recursos económicos previstos para dicha actividad en la obra. Es usual establecer un presupuesto previo, bien en forma de cantidad bien en forma de porcentaje sobre el importe de las obras, fundamentado bien en criterios más o menos aceptados (el famoso uno por ciento), en función de exigencias de una propiedad o Administración o incluso en función de mejoras ofrecidas por una empresa constructora en la fase de licitación u oferta de una obra. Evidentemente, una vez que el Plan de Control se plasma en un primer tanteo, es casi imposible acertar con la cifra perseguida.

Otro motivo de desajuste puede venir dado por el alcance del Plan redactado: A veces, se emplean unidades en obras cuyo volumen no justifica, por ejemplo ensayos de identificación que pudieran incluso tener más coste que el asignado para dichas unidades.

Un tercer motivo de desajuste pudiera ser la limitación de recursos previstos para las obras: En obras ubicadas en puntos muy lejanos, o bien en obras en las que se planifica el control con medios específicos o laboratorios de obra, es posible que no se puedan emplear equipos cuya disposición es imposible en dichos laboratorios (equipos de estanqueidad de tuberías, tracción de cordones de armaduras activas en estructuras, etc.).

Otra posible causa puede ser el desajuste temporal de los plazos mínimos para realización de los ensayos y de la ejecución de las obras: En obras de emergencia o sencillamente en obras de gran producción en cortos plazos, aún cuando se prevea que una unidad puede ser la más importante para dicha obra, es posible que no exista tiempo material para realizar algunos controles. Es el caso de algunas obras de estructuras de hormigón, conducciones, reasfaltado de vías, etc. en que los ensayos de

dosificación previos de los materiales a veces son más largos incluso que el plazo de la obra.

Finalmente, a veces se prevén en los planes normalizados tamaños de lotes que son casi imposible de reproducir en una obra o que, sencillamente, no aportan información representativa de ninguna unidad de obra. Es el caso de las obras de conducciones, en las que el lote para compactaciones del material de relleno no es fácil asignarlo a una superficie estándar sin conocer las dimensiones de la zanja, o por citar otro ejemplo, en presas de hormigón, en la que sin conocer los planes de construcción por bloques de la presa es casi imposible estimar el número de ensayos a realizar.

En definitiva, es casi seguro que un "primer tanteo" de un Plan de Control no se ajuste a su objeto y/o alcance y que sea necesario reajustarlo para otorgarle todas sus características de particularidad.

Este reajuste debe ser meditado y realizado con una claridad de criterios y conocimiento, tanto de las obras como del propio proceso de control, que hace que deba ser llevado a cabo por un especialista en estas tareas de control con datos suficientes de las obras a controlar.

En general es posible establecer una serie de operaciones de ajuste típicas que suelen ser aplicadas para hacer coincidir el Plan de Control tanteado con el perseguido. Por citar algunas, de las que conducen a la reducción de Planes de Control (el problema más frecuente es que sea mayor de lo esperado), podemos mencionar:

- Eliminación de ensayos de identificación de componentes (cementos, adiciones, betunes, etc.) en obras de escaso volumen de unidades finales
- Eliminación de ensayos de dosificación por motivos de plazo o de volumen.
- Homogeneización de lotes en una misma unidad para los distintos ensayos, con el objeto de controlar "muestras completas".
- Modificación de los tamaños de los lotes en función del volumen de obra.

Evidentemente, estas operaciones de ajuste deben ser realizadas con tacto, equilibrio y, ante todo, con un gran sentido común de manera que no se consiga que un Plan razonado previo, aunque desajustado, llegue a convertirse en un Plan irracional y sin sentido: Así, es frecuente ver Planes en los que se establecen ensayos de control sin fijar la realización de los ensayos patrón (por ejemplo, densidad-Próctor), o ensayos en los que se reduce el número de muestras de un lote y se imposibilita calcular el valor característico (como en las familias de probetas de un lote de hormigón), así como lotes que por su gran tamaño dejan de constituir unidades homogéneas de control (como puede ser en compactaciones en zanjas).

## CONCLUSIÓN

La elaboración de un Plan de Control de Calidad, y en especial de materiales, es una tarea que debe ser acometida por un especialista con conocimiento no sólo de la obra a que se aplique dicho Plan, sino del sistema de aseguramiento de la calidad del que forma parte.

En este sentido, un Plan de Control por sí mismo no puede convertirse en un sistema de aseguramiento de la calidad, sino que debe ser una herramienta más integrada en un conjunto más complejo.

No existe el Plan de Control prototipo, comodín o estándar para todas las obras posibles: Cada Plan debe estar particularizado y desarrollado para una obra específica, tanto en tipología como en volumen y ubicación.

Es cierto que en la actualidad se detectan multitud de anomalías o excepciones a este propósito, pero al igual que ocurre con los proyectos y/o obras mal ejecutados o concebidos, antes o después acaba detectándose su falta de funcionalidad.

Con todo lo anterior, no se debe entender que un Plan de Control sea algo teórico o, sencillamente, imposible de elaborar correctamente, sino que en cualquier momento su redacción y cualquier simplificación, reducción o modificación debe ser realizada desde la óptica del conocimiento tanto de la obra, como de las técnicas del control y del sistema conjunto en que se aplica. Sólo así podrá conseguirse el objetivo que con él se persiga y, en definitiva, no derrochar recursos.