

## Maximizing alternative fuel benefits with Expert Optimizer Einsatz von alternativen Brennstoffen mit Expert Optimizer maximieren



ABB's Expert Optimizer was first installed at Votorantim Cimentos's Itau and Salto plants in 1995. Aging hardware needed to be replaced in 2008/2009 and at the same time the opportunity to upgrade the optimization solution was taken.

Die erste Installation von ABB's Expert Optimizer in den Werken Itau und Salto von Votorantim Cimentos erfolgte im Jahr 1995. Die veraltete Hardware musste 2008/2009 ersetzt werden, und gleichzeitig wurde die Gelegenheit zur Optimierungslösung ergriffen.





Votorantim Cimentos plant Salto  
Votorantim Cimentos Werk Salto

# Maximizing alternative fuel benefits with Expert Optimizer

Juliano Arantes<sup>1</sup>, Michelle Kiener<sup>1</sup>, Cassio Paiva Marcelo<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Application Engineers, ABB Schweiz AG, Baden-Daettwil/Switzerland

<sup>2</sup> Plant specialist, Votorantim Cimentos, Itau de Minas/Brazil

**Summary:** ABB's Expert Optimizer was first installed at Votorantim Cimentos's Itau and Salto plants in 1995. Ageing hardware needed to be replaced in 2008/2009 and at the same time the opportunity to upgrade the optimization solution was taken. Votorantim has the possibility to retain more than 10 years of knowledge acquired from the previous version with these upgrades, plus the opportunity to have access to new technologies like Model Predictive Control (MPC) and Mixed Logical Dynamic (MLD) systems and other new applications developed by ABB. The stabilization of the process results in more consistent clinker quality and this in turn brings benefits to the mills. One of the main benefits that stands out is that both plants now have more stable use and control of the burning of alternative fuels, with less disruption to the process. This has allowed both plants to increase the amount of alternative fuels they use, which in turn is having a positive impact on reducing production costs.

## Einsatz von alternativen Brennstoffen mit Expert Optimizer maximieren

**Zusammenfassung:** Die erste Installation von ABBs Expert Optimizer in den Werken Itau und Salto von Votorantim Cimentos erfolgte im Jahr 1995. Die veraltete Hardware musste 2008/2009 ersetzt werden, und gleichzeitig wurde die Gelegenheit zur Modernisierung der Optimierungslösung ergriffen. Mit dem Upgrade hat Votorantim die Möglichkeit, das über mehr als 10 Jahre aufgebaute Wissen in die neue Version zu übernehmen und erhält gleichzeitig Zugang zu neuen Technologien, wie Model Predictive Control (MPC) und Mixed Logical Dynamic (MLD), sowie anderen neuen Applikationen, die von ABB entwickelt wurden. Stabilisierung des Prozesses führt zu gleichmäßigerer Klinkerqualität, was wiederum Vorteile für die Mühlen mit sich bringt. Einer der größten Vorteile liegt darin, dass beide Anlagen neu einen stabileren Einsatz und eine bessere Steuerung der alternativen Brennstoffe haben, was zu weniger Störungen des Prozesses führt. Dadurch konnten beide Werke die Menge der eingesetzten alternativen Brennstoffe erhöhen. Das wirkt sich wiederum positiv die Produktionskosten aus.

## Emploi optimisé des combustibles alternatifs avec Expert Optimizer

**Résumé:** La première installation de l'Expert Optimizer de ABB a été réalisée en 1995 dans les usines Itau et Salto de Votorantim Cimentos. Le matériel vieillissant a dû être remplacé en 2008/2009 et, par la même occasion, il a été procédé à une modernisation du matériel. Cette mise à niveau permet aussi à Votorantim de bénéficier des connaissances acquises durant plus de 10 années ainsi que l'accès aux nouvelles technologies, telles que Model Predictive Control (MPC) et Mixed Logical Dynamic (MLD), ainsi que d'autres nouvelles applications développées par ABB. La stabilisation du processus permet d'obtenir une qualité de clinker plus régulière, ce qui apporte aussi des avantages pour les broyeurs. Un des plus grands avantages est que les deux installations présentent maintenant un fonctionnement plus stable et un meilleur contrôle des combustibles alternatifs, réduisant les perturbations de processus. Les deux usines ont pu ainsi accroître la quantité de combustibles alternatifs. Ce qui exerce une influence positive sur les coûts de production.

## Maximizando el empleo de combustibles alternativos mediante el Expert Optimizer

**Resumen:** Desde 1995 el sistema Expert Optimizer de ABB ha estado instalado y funcionando en las plantas de Votorantim Cimentos Itau y Salto. Una renovación se hizo necesaria debido entre otras cosas al envejecimiento del hardware. Este fue reemplazado en el 2008/2009, aprovechándose la oportunidad para modernizar la solución de optimización. Todo el conocimiento que Votorantim había adquirido durante más de diez años fue conservado y aplicado en la nueva versión. Además, se incorporó el acceso a nuevas tecnologías como el Model Predictive Control (MPC) y el Mixed Logical Dynamic (MLD) Systems, así como otras novedosas aplicaciones desarrolladas por ABB. Una de las mayores ventajas es que las dos plantas cuentan ahora con una alimentación más estable y un mejor control de los combustibles alternativos. Se ha reducido la variabilidad del proceso, lo que ha permitido aumentar la cantidad de combustibles alternativos empleados en ambas fábricas, con la consecuente reducción de los costes de producción. La mayor estabilidad del proceso conlleva una calidad del clinker más homogénea, lo que a su vez es positivo para una molienda eficiente.





1 Itau de Minas plant 2 • Werk 2 Itau de Minas



2 Salto de Pirapora plant • Werk Salto de Pirapora

### 1 Introduction

ABB's Expert Optimizer was first installed at Votorantim Cimentos's Itau de Minas (Fig. 1) and Salto de Pirapora plants (Fig. 2) in 1995. Ageing hardware needed to be replaced (Fig. 3) and at the same time the opportunity to upgrade the optimization solution was taken. The challenges were to upgrade to the latest version without losing any of the existing plant specific features, and to bring the alternative fuels used in the plants into the strategy and therefore to bring them under better control. The upgrades were completed in 2009.

### 2 Votorantim Cimentos: A Brazilian multinational

Founded in 1936, Votorantim Cimentos is one of the world's top ten manufacturers of cement, concrete and aggregates. In Brazil it is the market leader, with 40 production units located in almost every Brazilian state, as well as 70 distribution centres and 90 central concrete plants throughout the country. It sells more than 40 products, including leading brands such as Votoran, Itau, Poty, Tocantins, Aratu, Votomassa, and Engemix. Outside Brazil it operates five factories and more than 120 concrete and aggregate units in North America. It also operates a factory in Bolivia and holds an equity stake in an industry leader in Chile, Argentina and Uruguay. The company has 11 000 employees globally and is considered one of the 150 Best Places to Work in Brazil, according to Guia Você S.A./Exame. It belongs to the Votorantim Group, one of the largest business conglomerates in Latin America, with industry-leading operations in manufacturing, financial services and new ventures.

### 3 Project outline

Expert Optimizer version 2.0 was first installed at the plants in 1995 when the product was still known as LINKman. The upgrade to Expert Optimizer version 6.0 took place across two of Votorantim's plants, Salto de Pirapora (Fig. 4) and Itau de Minas (Fig. 5). The situation at both plants for the installation of the latest version of Expert Optimizer is summarized in Table 1.

Votorantim was motivated to upgrade to the latest version of ABB's Expert Optimizer at its Itau and Salto plants as the existing third party hardware was now 14 years old. The need to replace the hardware presented an opportunity to upgrade to the latest version of Expert Optimizer at the same time. The plant manager from the Itau plant Eng. Danilo Valadares Pinto was committed to the upgrade to the newer version of Expert

### 1 Einleitung

Die erste Installation von ABBs Expert Optimizer in den Werken Itau de Minas (Bild 1) und Salto de Pirapora (Bild 2) von Votorantim Cimentos erfolgte im Jahr 1995. Die veraltete Hardware musste ersetzt werden, und gleichzeitig wurde die Gelegenheit zur Modernisierung der Optimierungslösung (Bild 3) ergriffen. Die Herausforderung bestand darin, ein Upgrade auf die neueste Version vorzunehmen, ohne die anlagen-spezifische Funktionalität zu verlieren, sowie die in den Werken verwendeten alternativen Brennstoffe in die Strategie einzubinden und sie damit besser unter Kontrolle zu bringen. Die Upgrades wurden im Jahr 2009 abgeschlossen.

### 2 Votorantim Cimentos: Ein multinationales brasilianisches Unternehmen

Das 1936 gegründete Unternehmen Votorantim Cimentos gehört weltweit zu den zehn führenden Herstellern von Zement, Beton und Zuschlagstoffen. In Brasilien ist das Unternehmen Marktführer mit insgesamt 40 Produktionseinheiten, die auf fast alle Bundesstaaten verteilt sind. Dazu kommen 70 Vertriebszentren und 90 zentrale Betonwerke im ganzen Land. Zum Produktspektrum gehören mehr als 40 Produkte, darunter führende Marken wie Votoran, Itau, Poty, Tocantins, Aratu, Votomassa und Engemix. Außerhalb Brasiliens betreibt das Unternehmen fünf Werke und mehr als 120 Produktionsstätten für Beton und Zuschlagstoffe in Nordamerika. Weiter wird ein Werk in Bolivien betrieben, und man hält eine Kapitalbeteiligung an einem führenden Industrieunternehmen in Chile, Argentinien und Uruguay. Weltweit hat das Unternehmen 11 000 Beschäftigte, und es gehört nach einer Erhebung von Guia Você S.A./Exame zu den 150 besten Arbeitgebern in Brasilien. Votorantim Cimentos gehört zur Votorantim Gruppe, einem der größten Mischkonzerne in Lateinamerika mit Marktführerstatus in Produktion, Finanzdienstleistungen und Erschließung neuer Märkte.

### 3 Das Projekt

Expert Optimizer Version 2.0, damals bekannt unter dem Namen LINKman, wurde 1995 in den Werken installiert. Das Upgrade auf Expert Optimizer Version 6.0 wurde in zwei Werken von Votorantim durchgeführt, nämlich in Salto de Pirapora (Bild 4) und Itau de Minas (Bild 5). Die Situation in beiden Werken vor der Installation der neuesten Version von Expert Optimizer ist in Tabelle 1 zusammengefasst.



3 Modern workplace in the control room  
Moderner Arbeitsplatz im Leitstand



4 Kiln at the Salto plant • Ofen im Werk Salto

Optimizer (Fig. 6): Ensuring cost savings, quality focus and reduction of manual interventions by the operator in the manufacturing process were vital objectives for the upgrade.

#### 4 Challenges

Two main challenges were presented at Votorantim's Itau and Salto plants. Firstly, whilst upgrading to the latest version of Expert Optimizer presented an opportunity, it also raised some concerns for Votorantim. The sites had been gathering experience of and benefiting from Expert Optimizer since 1995, and during this time a great deal of knowledge about the system had been gained, and many site-specific features had been introduced. The auto-pilot approach had become a part of daily life at the plants. The operators knew how to interpret the information and how to use the existing version of Expert Optimizer to help them achieve their goals and were comfortable and confident with the current arrangements. It was essential for Votorantim that their operators' knowledge and the site-specific features were not lost as a result of the upgrading.

Secondly, a range of alternative fuels are used across both plants. Variability in calorific value and tyres that often presented energy spikes needed to be accounted for in the new strategy, in order to maximize the benefits of Votorantim using alternative fuels.

#### 5 Solutions

Both plants were upgraded to the latest version of Expert Optimizer, version 6.0. The Salto plant's upgrade was com-

Der Grund für Votorantim, ein Upgrade auf die neueste Version ABBs Expert Optimizer in den Werken Itau und Salto vorzunehmen, bestand darin, dass die vorhandene Fremdhardware bereits 14 Jahre alt war. Die Notwendigkeit die Hardware zu ersetzen bot die Möglichkeit, gleichzeitig ein Upgrade auf die neueste Version von Expert Optimizer vorzunehmen. Der Werkleiter von Itau, Ing. Danilo Valadares Pinto, hatte sich in seiner Verpflichtung zur Kostenreduzierung, der Qualitätssicherung und Verringerung von manuellen Eingriffen durch den Anlagenfahrer, für den Einsatz der neuesten Version von Expert Optimizer (Bild 6) entschieden.

#### 4 Herausforderungen

Es gab zwei wesentliche Herausforderungen in den Werken Itau und Salto von Votorantim. Die erste bestand darin, dass das Upgrade auf die neueste Version von Expert Optimizer zwar den Zugang zu neuen Technologien ermöglichte, aber gleichzeitig Bedenken bei Votorantim hervorrief: In den Werken nutzte man seit 1995 Expert Optimizer. In diesem Zeitraum wurde eine große Menge an Wissen zum System aufgebaut, und es wurden viele anlagenspezifische Funktionen eingebaut. Die Methode mit Autopilot zu fahren wurde in den Werken zur täglichen Routine. Die Anlagenfahrer wussten, wie man die Informationen zu deuten hatte und wie man die vorhandene Version von Expert Optimizer einsetzt, um die eigenen Ziele zu erreichen. Sie fühlten sich damit wohl und hatten Vertrauen zur vorhanden Lösung. Für Votorantim war unentbehrlich, dass das Wissen ihrer Anlagenfahrer und die anlagenspezifische Funktionalität durch das Upgrade nicht verloren gingen.

Tab. 1: Situation in the Salto and Itau plant • Situation in den Werken Salto und Itau

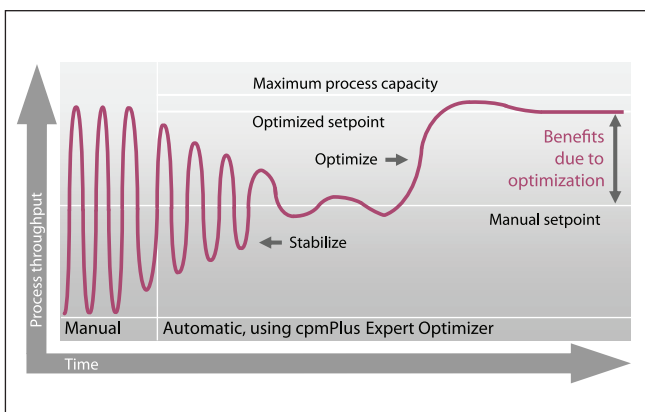
Salto de Pirapora	Itau de Minas
1 precalciner kiln / 1 Vorkalzinator-Ofen	2 preheater kilns / 2 Wärmetauscheröfen
HotDisk from FLS (tyres, the only alternative fuel in use) HotDisk von FLS (Reifen als einziger alternativer Brennstoff)	1 precalciner kiln / 1 Vorkalzinator-Ofen
Coal (as the main fuel) / Kohle (als Hauptbrennstoff)	3 alternative fuels (tyres, solids and liquids) 3 Alternative Brennstoffe (Reifen, Feststoffe und Flüssigkeiten)
Cooler / Kühler	
2 VRMs / 2 Vertikalmühlen	1 VRM / 1 Vertikalmühle
1 coal mill – ball mill / 1 Kohlenmühle – Kugelmühle	1 coal mill – ball mill / 1 Kohlenmühle – Kugelmühle
4 cement mills – 2 with pre-grind – CKP 4 Zementmühlen – 2 mit Vormahlung – CKP-System	3 cement mills – 2 with pre-grind – CKP 3 Zementmühlen – 2 mit Vormahlung – CKP-System
2 operators in the control room / 2 Anlagenfahrer im Leitstand	2 operators in the control room / 2 Anlagenfahrer im Leitstand





5 Itau kiln lines Ofenlinien im Werk Itau

pleted in October 2008 and the Itau plant's upgrade was completed in February 2009. Expert Optimizer is an Advanced Process Optimization (APO) solution. Advanced Process Optimization applications can be thought of as "auto-pilots" for the parts of the production process which they are configured to take care of (e. g. kilns or mills) (Fig. 7). The best possible control strategy is implemented and continuously applied on a computer linked with the instrumentation and control system. The frequency with which the process can be analyzed combined with the application of advanced mathematical modelling, permits predictions about the process behaviour. Predicting the process behaviour is also combined with the knowledge which the optimization solution has "learned" from previous actions and outcomes. This enables the solution to make small, frequent, well-informed and tireless set-point changes which allow the process to be more stable than it is possible for a human operator to achieve. Once the Advanced Process Optimization software has stabilized the process it is able to safely drive it closer to its operating limits and thereby maximize the desired goals of the plant where the optimization is in place.



7 Stabilize then optimize Stabilisieren dann optimieren



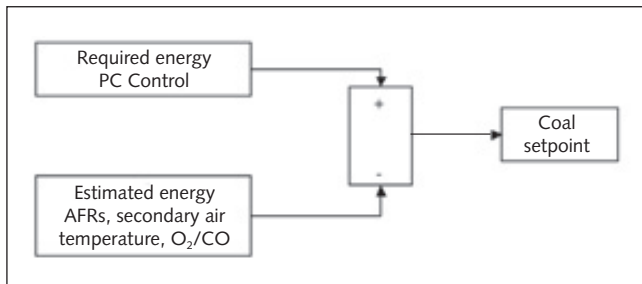
6 Survey page • Übersichtsseite

Zweitens werden in beiden Werken eine Reihe von alternativen Brennstoffen eingesetzt. Schwankungen im Heizwert und Energiespitzen erzeugt durch die Altreifenaufgabe mussten in der neuen Strategie berücksichtigt werden, so dass Votorantim den Einsatz von alternativen Brennstoffen maximieren kann.

### 5 Lösungen

Beide Werke wurden auf die neueste von Expert Optimizer (Version 6.0) aufgerüstet. Das Upgrade im Werk Salto wurde im Oktober 2008 abgeschlossen, das im Werk Itau im Februar 2009. Expert Optimizer ist eine Advanced Process Optimization (APO) Lösung (Optimierung von Produktionsprozessen durch ein Expertensystem). Advanced Process Optimization Anwendungen kann man sich als „Autopiloten“ für Teile des Produktionsprozesses, für die sie konfiguriert wurden (z. B. Öfen oder Mühlen), vorstellen (Bild 7). Dabei wird die bestmögliche Regelstrategie implementiert und kontinuierlich auf einem Computer angewendet, der mit der Instrumentierung und dem Leitsystem verbunden ist. Die Häufigkeit mit der Prozessdaten gelesen und geschrieben werden und die Anwendung einer fortgeschrittenen mathematischen Modellierung erlauben Vorhersagen über das Prozessverhalten. Die Vorhersagen über Prozessverhalten werden mit „Gelerntem“ aus vergangenen Aktionen und Ereignissen kombiniert. Dies ermöglicht häufig kleine und präzise Änderungen an Sollwerten vorzunehmen, wodurch der Prozess stabiler gehalten werden kann, als das ein menschlicher Anlagenfahrer je kann. Wenn die Advanced Process Optimization Software den Prozess stabilisiert hat, kann dieser näher an seine Betriebsgrenzen herangefahren werden. So kann eine Optimierung im Hinblick auf gewünschten Ziele des Kunden stattfinden.

Die Optimierungslösung wird basiert auf den kundenspezifischen Zielen ausgearbeitet. Zum Beispiel kann eine Optimierung mit Fokus auf maximalen Durchsatz, reduzierten Brennstoffeinsatz, maximalen Einsatz alternativer Brennstoffe, eine Kombination dieser oder vielen anderen Optionen aufgebaut werden. Man beachte, dass Advanced Process Optimization kein Ersatz für die normale Instrumentierung und die Leittechnik des Werkes ist. Advanced Process Optimization ist übergeordnetes Leitsystem, welches verbesserte Betriebspunkte berechnet und diese an die vorhandenen Regelkreise weitergibt.



## 8 Strategy for alternative fuels Strategie für Alternativbrennstoffe

The optimized limit to which the process is driven is defined on a case by case basis, according to the objectives of the business. Therefore it is possible to optimize for maximum throughput, for reduced fuel use, for maximum alternative fuel use, a combination of these, or many other options. It should be noted however, that Advanced Process Optimization is not a replacement for the plant's normal instrumentation and control technology. Advanced Process Optimization is higher-level control system software that calculates improved operating points for the existing control loops.

Expert Optimizer version 6.0 employs a number of different methods to develop the Advanced Process Optimization strategies. The earlier version already installed at the plants was already using fuzzy logic, but the new version introduced the capability to use neural networks and model predictive control (MPC). MPC is based on the "receding horizon" principle. A sequence of optimum actions, which extend into the future, are calculated while incorporating the dynamics of the system in the time interval  $[t, t+p]$ , in which  $t$  designates the current time and  $p$  represents a time horizon that is relevant for the application. In addition to the model, the cost functions are crucial in model predictive controllers for tuning the control behaviour. The optimization algorithm guarantees that the overall costs are as low as possible. The cost functions "translate" not only any deviations from the set point value but also any changes of an actuator into cost units. This allows a relationship to be formed between the variables. The variables have weighting and influence applied to their cost units according to defined objectives, for example, clinker chemistry, constraints on fuel consumption, market demand or the incursion of additional costs, if limits are approached or breached. This means that the control behaviour is achieved by intuitively simple cost functions and a sufficiently accurate model. This product is unique in the cement industry in having a list of several hundred completed applications in the fields of raw mix preparation, mill control, the production planning sector and last year completed its 200<sup>th</sup> kiln installation.

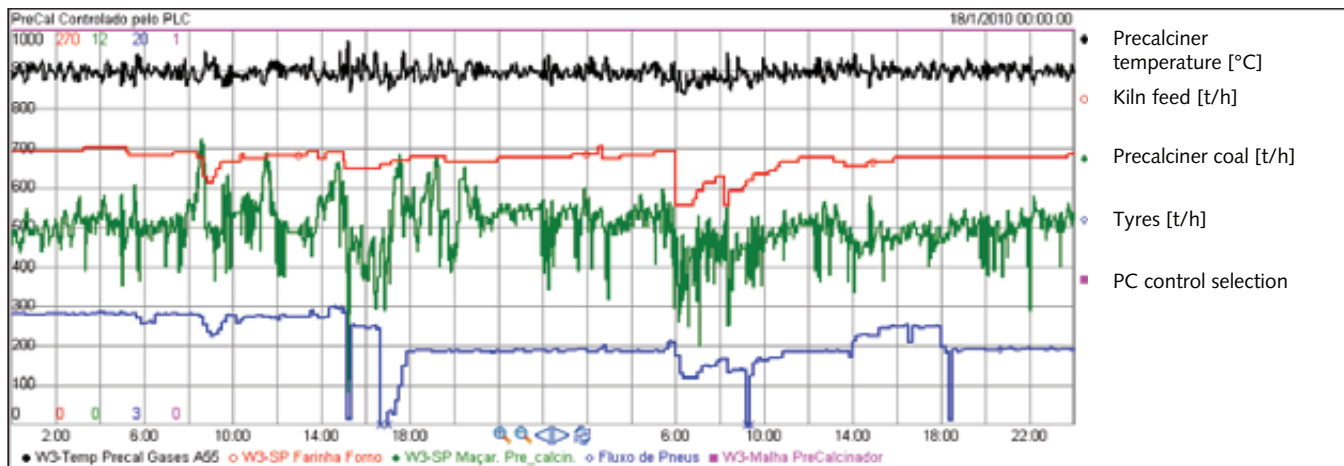
As part of the upgrade there was a migration from the Alpha (Digital) workstations which were running with a VMS operating system, to a server running a Windows 2003 Server and workstations that use the Internet Explorer as the operator interface. All of the operator interfaces are web-based. This brought a friendlier and Windows feel to the interfaces, compared to the old version, while at the same time the structure and methodology of the application was kept. Even with such a huge step, jumping from Expert Optimizer version 2.0 to Expert Optimizer version 6.0, the operators and engineers did not have a hard time stepping into the new version. They were able to use existing web skills, continue to use their existing

Expert Optimizer Version 6.0 bietet unterschiedliche Technologien, um die Advanced Process Optimization Strategien zu entwickeln. Die frühere, in den Werken installierte, Version verwendete bereits Fuzzy-Logik. Mit der neuen Version wurde die Möglichkeit eingeführt, neuronale Netzwerke und modellprädiktive Regelung (Model Predictive Control – MPC) zu verwenden. MPC, oder auch Receding Horizon Control (RHC), ist eine Methode zur prädiktiven Regelung komplexer Prozesse. MPC benützt ein dynamisches Prozessmodell zur Berechnung einer Folge von optimalen Aktionen über das Zeitintervall  $[t, t+p]$ , wobei  $t$  die aktuelle Zeit bezeichnet und  $p$  den Zeithorizont darstellt, der für die Anwendung relevant ist. Neben dem Modell sind die Kostenfunktionen in MPC Reglern entscheidend für die Einstellung des Regelverhaltens. Der Optimierungsalgorithmus berechnet eine Lösung mit minimalen Gesamtkosten, die aus den Kostenfunktionen hervorgehen. Sowohl Abweichungen von einem Sollwert als auch Änderungen eines Stellglieds werden bestraft, bzw. wird ein Kosten zugewiesen. Dies erlaubt es, alle Variablen in ein Verhältnis zueinander zu bringen. Die Kostenfunktion ergibt sich aus den definierten Zielwerten, wie zum Beispiel der Klinkerchemie, Einschränkungen beim Brennstoffverbrauch, Marktnachfrage oder anderen prozessrelevanten Zielen oder Grenzwerten. Das bedeutet, dass das gewünschte Regelverhalten durch intuitiv einfache Kostenfunktionen in Verbindung mit einem ausreichend genauen Modell erreicht wird. Dieses Produkt ist einmalig in der Zementindustrie mit seinen mehreren hundert fertig gestellten Installationen für Rohmehlaufbereitung, Mühlensteuerung, Produktionsplanung und Ofensteuerung. Letztes Jahr wurde die 200er Marke geknackt.

Als Teil des Upgrades gab es eine Migration von den Alpha Workstations (digital), die mit einem VMS Betriebssystem arbeiteten, hin zu einem Windows 2003 System, das den Internet Explorer als Benutzeroberfläche einsetzt. Alle Benutzeroberflächen sind web-basiert. Im Vergleich zur alten Version wurde durch ein Windows-artiges Look+Feel die Benutzerfreundlichkeit verbessert, während gleichzeitig die Struktur und Methodologie der Anwendung beibehalten wurde. Auch bei einem solch gewaltigen Schritt von Version 2.0 zu Version 6.0 von Expert Optimizer brachte der Übergang zur neuen Version für die Anlagenfahrer und Ingenieure keine Schwierigkeiten. Sie konnten ihre vorhandenen Kenntnisse zur Internetsnutzung und ihre vorhandenen anlagenspezifischen Funktionen und Systemkenntnisse weiter anwenden und brauchten nur die neu implementierten Dinge zu lernen.

Die anlagenspezifischen Informationen und die Konfiguration wurden angepasst, was bedeutete, dass eine neue Strategie implementiert wurde und nicht nur die vorhandene kopiert wurde. Das bot die Gelegenheit, eine vereinfachte Strategie zu installieren. Das wiederum brachte Vorteile bezüglich der Robustheit der Strategie und machte die Dinge für die Wartungsteams und Anlagenfahrer leichter. Nach dem Wunsch des Kunden wurden Vorkalzintor-Öfen und alle Mühlen auf den neuen ABB-Standard gebracht. Dazu gehörte auch die Installation einer neuen Drehzahlregelung, die für die Mühlen mit Hochleistungs-Sichter mehr Stabilität bringt.

Insgesamt konnte das von ABB während des ersten und zweiten Serviceeinsatzes implementierte Wissen übernommen werden. Außerdem blieb die von Votorantim über mehrere Jahre gesamt-



## 9 Precaliner controlled by PID Vorkalzinatorregelung durch PID

site-specific features and system knowledge and only needed to learn about the new things that had been implemented into the system.

The site-specific information and configuration was changed which meant implementing a new strategy, not just copying the existing strategy, which provided an opportunity to install a simplified strategy. This brought benefits in terms of the strategy being more robust and made things easier for the maintenance teams and the operators. According to the customer's wishes ABB updated the PC kilns and all of the mills to the new ABB standard. This included the installation of a new speed control feature which brings more stability for the circuits with a high efficiency separator.

Overall, knowledge that was implemented by ABB during primary and secondary service visits was retained. Additionally, experience from the Votorantim side, which had been gained over several years, was kept whilst also being merged with the new features and functionality. This means that Votorantim's operators are using their existing knowledge while simultaneously having access to the latest technologies incorporated in Expert Optimizer.

## 6 Alternative fuels and precaliner control strategy

The energy in precaliners at both plants has been controlled with a rule-based approach since the first installation by ABB in 1995. The Proportional Integrated Differential (PID) control is not able to take an overall view of the master and alternative fuels and handles each fuel separately, therefore during the upgrade a new alternative fuels module was installed. The alternative fuels module considers the energy sources as a whole and so is able to handle set-points accordingly.

The module compensates with the master fuel (coal) the measured deviation and also the non-measured ones, such as water content, calorific value and others. In the alternative fuels module consideration is also given to  $O_2/CO$  variations (Fig. 8) that are generated by the alternative fuels. In the precaliner strategy, gas coming from the cooler is also taken into consideration as a source of energy, in order to keep the precaliner temperature as stable as possible.

Due to frequent deviations, failures and or low reliability of alternative fuel resources, a "virtual fuel", that modifies up to

melte Erfahrung erhalten als die neue Funktionalität eingebracht wurde. Das heißt, dass die Anlagenfahrer von Votorantim ihr vorhandenes Wissen weiter nutzen können und gleichzeitig Zugang zu den neuesten Technologien erhalten, die Expert Optimizer anbietet.

## 6 Strategie zur Steuerung alternativer Brennstoffe und des Vorkalzinator

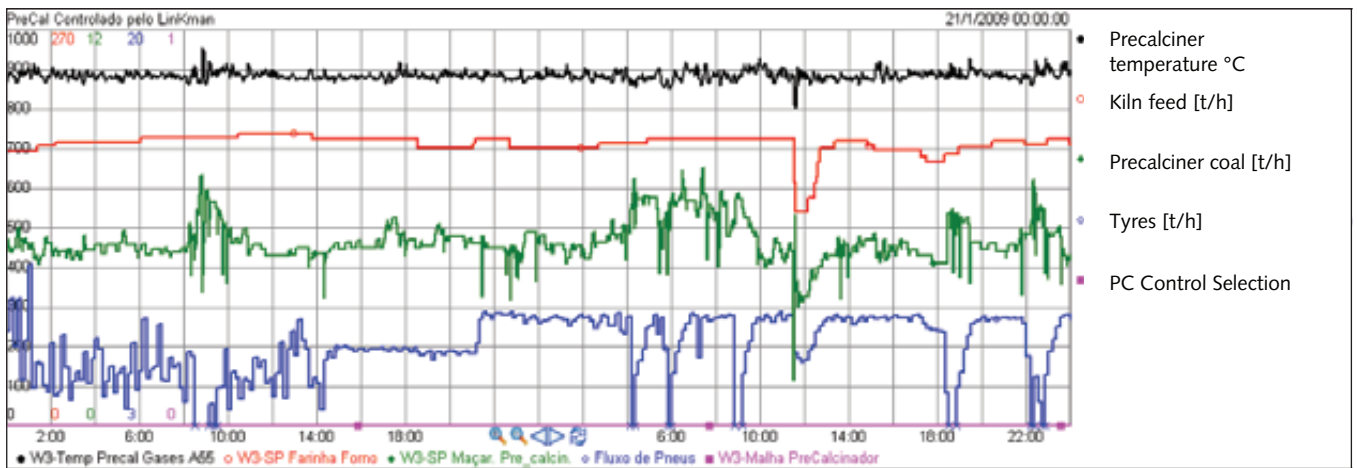
Seit der ersten Installation durch ABB im Jahr 1995 wurde die Energiezufuhr in den Vorkalzinatoren in beiden Werken durch eine regelbasierte Methode gesteuert. Die Proportional-Integral-Derivativ-Regelung (PID) ist nicht in der Lage, sich ein Gesamtbild von den Haupt- und alternativen Brennstoffen zu machen und behandelt jeden Brennstoff separat. Daher wurde während des Upgrades ein neues Modul für alternative Brennstoffe installiert. Das Modul für alternative Brennstoffe berücksichtigt die Energiequellen als Ganzes und ist so in der Lage, entsprechend mit den Sollwerten umzugehen.

Mit dem Hauptbrennstoff (Kohle) kompensiert das Modul die gemessene Abweichung so wie auch nicht gemessene Größen, wie z.B. den Wassergehalt, Heizwert und andere. In dem Modul für die alternativen Brennstoffe werden auch die Schwankungen von  $O_2/CO$  (Bild 8) berücksichtigt, die durch die alternativen Brennstoffe verursacht werden. Die Strategie für den Vorkalzinator berücksichtigt auch das Gas aus dem Kühler als Energiequelle, um die Temperatur im Vorkalzinator so stabil wie möglich zu halten.

Auf Grund häufiger Abweichungen, Störungen und/oder der geringen Gleichmäßigkeit des AFR (Alternative Fuel Resources) wurde ein virtueller Brennstoff implementiert, der anhand der Messungen von  $O_2$  und  $CO$  bis zu 5 % der Vorkalzinatorenergie ändert. Die gemessene Reifenenergie wird auf Grund der Schwankung in der Sekundärlufttemperatur angepasst. Die Anpassung kann bis zu 4 % der Vorkalzinatorenergie zu ausmachen.

Im Werk Salto wird zum Beispiel die Austrittstemperatur der HOTDISC (Brennkammer als Bestandteil des Kalzinator im Wärmetauscher – Technologie zum Verbrennen alternativer Brennstoffe) in der Strategie berücksichtigt. Das verhindert, dass der Vorkalzinator-Kühler-Kreislauf instabil wird. Eine solche Instabilität wird oft durch einen Ausfall oder Schwankungen der alternativen Brennstoffe ausgelöst. Wenn der Energieaus-





10 Precaliner controlled by Expert Optimizer • Vorkalzinatorregelung durch Expert Optimizer

5 % of precaliner energy according O<sub>2</sub> and CO measurements was implemented. Due to secondary air temperature oscillation it is also possible to manipulate the tyres current energy up to 4 % of the precaliner energy.

For example, at the Salto plant, the outlet temperature of the HOTDISC is accounted for in the strategy. This prevents the precaliner/cooler cycle (which normally uses alternative fuels) from becoming unstable, which is often triggered by an alternative fuels failure or variation, and if the corrective action is not fast enough or is incorrect, it results in disturbances that are hard for the operator to solve. The upgraded installation of Expert Optimizer can react every 10 seconds and so is able to control energy spikes which come in particular from the alternative fuel of tyres. The fast reaction time is therefore able to stop a negative cycle of feedback, before it becomes too difficult to recover without using extra resources and incurring high unnecessary costs.

Whenever the precaliner temperature function (Norm + Grad) is in the configured range the system keeps the average energy for the precaliner. The idea is to keep the energy as constant as possible and in a stable condition minimizing further disturbances due to setpoint changes. It also brings the energy setpoint back to the average in the transition conditions. A similar approach is used for the grate cooler control. Another benefit of this methodology (similar to the grate cooler control) is that it minimizes the frequency and the effect of potential cycles between the cooler and precaliner.

## 7 Results

According to the previous trend Mr. Cassio Paiva Marcelo – Itau’s Expert Optimizer Specialist says “We can clearly see how stable the precaliner control is compared to the PID (Figs. 9 and 10), even when feeding mixed sorts of tyres. Thanks to its good performance and reliability the Expert Optimizer is online 95 % of the kiln run time”. Typical benefits that plants can expect to see when their alternative fuels are under Advanced Process Optimization APC control are in the order of:

- Increased alternative fuel use (5 % – 20 %)
- More stable product quality (10 % – 20 %)
- Reduced fuel costs (5 % – 20 %)
- Lower maintenance costs and fewer pollution emissions (5 % – 20 %)

gleich nicht schnell genug oder nicht richtig erfolgt, führt das zu Störungen, die der Anlagenfahrer nur schwer beheben kann. Die neu installierte Version von Expert Optimizer kann alle 10 Sekunden reagieren und ist so in der Lage, Energiespitzen zu kontrollieren, die insbesondere durch Altreifen oder andere alternative Brennstoffe verursacht werden. Die schnelle Reaktionszeit macht es möglich eine sich negativ auswirkende Rückkopplung zu verhindern, bevor es zu schwierig wird, ohne den Einsatz von zusätzlichen Ressourcen und damit unnötig hohen Kosten zum Normalzustand zurückzukehren.

Immer wenn sich die Temperaturfunktion (Norm + Grad) des Vorkalzinator in einem konfigurierten Bereich bewegt, hält das System die Durchschnittsenergie für den Vorkalzinator konstant. Sinn der Sache ist, die Energiezufuhr so konstant wie möglich zu halten, um weitere Störungen auf Grund von Sollwertänderungen zu minimieren. In Übergangssituationen wird der Energiesollwert zum Durchschnittswert zurückgeführt. Eine ähnliche Methode wird für die Steuerung des Rostkühlers angewendet. Ein weiterer Vorteil dieser Methode (ähnlich der Steuerung des Rostkühlers) liegt darin, dass die Häufigkeit und Auswirkung potenzieller Zyklen zwischen Kühler und Vorkalzinator minimiert werden.

## 7 Ergebnisse

Aufgrund der vorliegenden Trends sagte Cassio Paiva Marcelo, Itaus Spezialist für Expert Optimizer: „Wir können deutlich feststellen, wie stabil die Steuerung des Vorkalzinator im Vergleich zum PID-Regler ist (Bilder 9 und 10), sogar wenn unterschiedliche Arten von Reifen aufgegeben werden. Dank seiner präzisen und zuverlässigen Wirkungsweise ist Expert Optimizer 95 % der Ofenlaufzeit online“. Typische Vorteile, die Werke die ihre alternativen Brennstoffe durch Advanced Process Optimization System regeln, erwarten können, sind:

- erhöhter Einsatz von alternativen Brennstoffen (5 % – 20 %)
- stabilere Produktqualität (10 % – 20 %)
- reduzierte Brennstoffkosten (5 % – 20 %)
- geringere Wartungskosten und Schadstoffemissionen (5 % – 20 %).

Francisco Andrade dos Santos, Ofenfahrer im Werk Itau seit Zeiten vor der Installation von Expert Optimizer, erkennt bereits die Vorteile des Upgrades. Das belegt sein Kommentar: „Nach der Installation von Expert Optimizer gab es eine starke

Mr Francisco Andrade dos Santos, kiln operator at the Itau plant since before Expert Optimizer was ever installed, is already feeling the benefits of the upgrade. This is shown by his statement “After Expert Optimizer implementation, there was a big improvement, not just from the operational point of view but also in energy savings and production increase. If we have a problem with equipment we can take care of this and we do not worry because Expert Optimizer is doing its best all the time to keep the process stable”.

### 8 Conclusions

Votorantim has the possibility to keep more than 10 years of knowledge acquired from the previous version with these upgrades, plus the opportunity to have access to new technologies like Model Predictive Control (MPC) and Mixed Logical Dynamic (MLD) systems and other new applications developed by ABB. Since the upgrades were finished a host of benefits have been brought to the Itau and Salto plants. The optimization of set-points according to the quality analysis is helping to save energy by making small, frequent set-point changes. This means that drastic actions to bring the process under control, which would require costly extra energy inputs, are not needed. The stabilization of the process results in more consistent clinker quality and this in turn brings benefits to the mills. One of the main benefits that stands out is that both plants now have more stable use and control of the burning of alternative fuels, with less disruption to the process. This has allowed both plants to increase the amount of alternative fuels they use, which in turn is having a positive impact on reducing production costs. Expert Optimizer, part of ABB's CPM Minerals suite of solutions, ensures that the kiln is operated under optimum conditions according to the customer's goals. At the Itau and Salto plants this has meant that the energy spikes created by burning alternative fuels, especially tyres, are anticipated and therefore managed by Expert Optimizer.

[www.abb.com/cement](http://www.abb.com/cement)

Verbesserung, nicht nur Betriebsart, sondern auch hinsichtlich Energieeinsparungen und Produktionssteigerung. Wenn wir ein Problem mit den Geräten haben, können wir uns darum kümmern, und wir brauchen uns keine Sorgen zu machen, weil Expert Optimizer während der gesamten Zeit sein Bestes tut, um den Prozess stabil zu halten“.

### 8 Schlussfolgerungen

Votorantim hat nun die Möglichkeit, mit diesem Upgrade das durch die vorherige Version über mehr als 10 Jahre aufgebaute Wissen beizubehalten und erhält gleichzeitig Zugang zu neuen Technologien, wie Model Predictive Control (MPC) und Mixed Logical Dynamic (MLD), sowie anderen neuen Applikationen, die von ABB entwickelt wurden. Seit Beendigung des Upgrades genießen die Anlagen Itau und Salto eine Menge von Vorteilen. Die Optimierung der Betriebspunkte anhand der Qualitätsanalyse trägt dazu bei, durch kleine und häufige Änderungen von Sollwerten Energie einzusparen. Das bedeutet, dass keine drastischen Aktionen, die kostspielige zusätzliche Energie erfordern würden, benötigt werden, um das Verfahren unter Kontrolle zu bringen. Die Stabilisierung des Prozesses führt zu einer gleichmäßigeren Klinkerqualität, und das wiederum bringt Vorteile für die Mühlen. Einer der wesentlichen Vorteile, der in beiden Werken deutlich hervortritt, besteht darin, dass die Verbrennung alternativer Brennstoffe stabiler und kontrollierter abläuft was weniger Störungen auf den Prozess zur Folge hat. Dadurch konnte in beiden Anlagen die Menge der eingesetzten alternativen Brennstoffe erhöht werden, was sich wiederum positiv auf die Reduzierung der Produktionskosten auswirkt. Expert Optimizer, ein Teil der CPM Minerals Produktpalette von ABB sorgt dafür, dass der Ofen unter optimalen Bedingungen entsprechend der Zielsetzung des Kunden gefahren wird. In den Werken Itau und Salto bedeutet das, dass die durch Verbrennung alternativer Brennstoffe, besonders von Altreifen, erzeugten Energiespitzen antizipiert und somit durch Expert Optimizer ausgeglichen werden.





# Contact us

## **ABB Switzerland Ltd**

### **Local Business Unit Minerals**

Segelhofstrasse 9P

CH-5405 Baden 5 Daettwil

Switzerland

Phone: +41 58 586 84 44

Fax: +41 58 586 73 33

E-mail: [process.industries@ch.abb.com](mailto:process.industries@ch.abb.com)

ABB's Minerals business unit is represented in the following countries:

Australia, Brazil, Canada, Chile, China, Egypt, Estonia, Germany, Greece, India, Indonesia, Latvia, Lithuania, Malaysia, Mexico, Norway, Oman, Peru, Poland, Saudi Arabia, South Africa, Spain, Sweden, Switzerland, Thailand, USA and Vietnam.

For contact details, please visit our website:

**[www.abb.com/cement](http://www.abb.com/cement)**