



RAPPORT DE STAGE : AMELIORATION DES PROCESSUS CHEZ AWA INGENIERIA

20 avril 2015 – 25 septembre 2015

*Cécile DARDÉ
Promotion 2015
3^{ème} année
Parcours OMIS-Organisation
Filière Métier Production et logistique*

Tuteur entreprise: Ingeniero Christian López

Tuteur école: Madame Cécile Loubet

Remerciements

Je remercie tout d'abord toute l'équipe d'AWA Ingeniería LTDA qui m'a permis d'effectuer ce stage et plus particulièrement Ingeniero William López, Ingeniero Abelardo Báez et Ingeniero Christian López pour la confiance qu'ils m'ont accordée. Je remercie aussi les employés avec qui j'ai travaillé : les employés des achats et de l'entrepôt, de la production et les ouvriers de l'atelier de fabrication des bobines qui m'ont très bien accueillie, m'ont fait découvrir leurs métiers et m'ont fait part des problèmes qu'elles rencontraient.

Je remercie aussi l'École Centrale Marseille qui m'a permis de faire ce stage à l'étranger me faisant découvrir une autre culture et d'appliquer ce que j'ai appris durant mes études.

De plus je tiens à remercier mes professeurs de troisième année à Centrale Marseille et particulièrement Cécile Loubet et Joëlle Gazérian qui m'ont fait connaître et apprécier le management, la production et la logistique dont certaines connaissances m'ont été très utiles durant mon stage.

Enfin je remercie Diana Cristiano Castelblanco qui m'a faite confiance et grâce à qui j'ai trouvé ce stage.

Résumé

Mon stage de fin d'étude s'est déroulé chez AWA Ingeniería LTDA, fabricant de transformateurs en Colombie. Ma mission était de créer ou d'améliorer les processus des achats et de gestion des stocks puis de fabrication des bobines des transformateurs. J'ai commencé par étudier ces deux processus pour ensuite présenter des méthodologies ou des solutions afin de résoudre certains problèmes.

Concernant la gestion des stocks j'ai suggéré de mettre en place une gestion des stocks basée sur la connaissance de la demande. J'ai donc proposé un processus d'achats afin d'avoir un stock de sécurité, d'assurer un certain niveau de service tout en minimisant les coûts d'achats.

Concernant le processus de fabrication des bobines, j'ai suggéré des méthodologies de résolution de problèmes et d'organisation de l'atelier qui n'ont malheureusement pas abouties à cause d'un manque de rigueur. J'ai finalement décidé de présenter un plan afin de réorganiser l'atelier et de standardiser les postes.

Abstract

My internship took place in AWA Ingeniería LTDA, transformers manufacturer in Colombia. My work was to create or improve buying and inventory management process and coil winding process. I began with the study of these two processes then I suggested methodologies or solutions to solve some problems.

Concerning inventory management, I proposed to set up an inventory management based on demand appreciation. That is why I suggested a purchasing process in order to have a safety stock, to ensure a service level while minimizing costs.

Concerning coil winding section, I suggested problems solving methodologies which finally did not work due to a lack of rigor. So I decided to present a plan to reorganize the workshop and to standardize posts.

Glossaire

Transformateurs secs : transformateurs dont le refroidissement est réalisé par l'air ambiant.

Transformateurs immergés en huile : transformateurs dont le refroidissement est réalisé par de l'huile diélectrique dans lequel les bobines sont immergées.

Bobineuse : machine composée d'un tendeur pour supporter les cylindres de conducteurs et d'un axe motorisé permettant le bobinage des bobines des transformateurs.

Papier isolant : papier permettant l'isolation électrique entre les différentes couches de conducteur de la bobine.

Conducteur : fil, platine ou tôle en aluminium ou en cuivre.

Saisonnalité : caractère périodique, saisonnier d'un phénomène, d'une affluence dépendant de la période de l'année.

Moyenne mobile : elle permet de lisser une série temporelle. Elle consiste à calculer la moyenne sur une certaine période et de répéter le calcul à chaque intervalle de temps.

Méthode de lissage exponentiel : méthode de prévision des ventes à court terme permettant de prolonger une série chronologique. Lorsque la série présente une tendance on utilise le lissage double, et surtout le lissage de Holt ou de Winters (prenant en compte la saisonnalité).

Test de Shapiro-Wilk : test permettant de prouver la normalité d'une loi de probabilité pour des populations de moins de 50 individus.

Méthode des 5S : démarche japonaise d'amélioration continue basée sur 5 actions fondamentales (débarrasser, ranger, nettoyer, standardiser, progresser).

Table des matières

Remerciements	1
Résumé	2
Glossaire	3
Introduction	5
Contexte, entreprise et secteur	6
Contexte politique et social de la Colombie	6
L'entreprise et son secteur	7
Présentation du stage	9
Ma mission	9
Mon équipe de travail	10
Déroulement du stage	11
Amélioration du processus des achats	11
Compréhension du fonctionnement des achats et de la gestion des stocks	11
Compréhension du marché	13
Création d'un système de gestion des stocks	19
Mise en place du système de gestion des stocks	27
Perspective pour l'entreprise concernant la gestion des stocks	28
Amélioration du processus de production de l'atelier de bobinage	29
Étude du fonctionnement de l'atelier	29
Première approche de l'amélioration continue	30
Réorganisation de l'atelier	33
Conclusions	39
Bibliographie	42
Annexes	43

Introduction

Afin de valider ma période de mobilité à l'étranger, j'avais décidé de réaliser mon stage de fin d'étude à l'étranger. En effet je préférais réaliser un stage à l'étranger afin d'être totalement immergée dans une nouvelle culture et un nouveau pays. Je souhaitais devenir totalement bilingue en espagnol et les pays d'Amérique Latine m'attiraient particulièrement. De plus mon petit ami étant en Colombie pour un échange universitaire, j'ai orienté mes recherches vers la Colombie. Une entreprise colombienne m'a proposée un stage d'amélioration des processus des achats, ce qui me paraissait intéressant et pouvait être très formateur. De plus l'entreprise était certifiée ISO 9001 depuis quelques années et devait passer une nouvelle épreuve de certification pendant mon stage, ce qui me paraissait être un gage de qualité, de constance et d'un désir d'amélioration et de progression. J'ai donc décidé de réaliser mon stage chez AWA Ingeniería LTDA, une entreprise colombienne fabricant des transformateurs électriques d'une soixantaine d'employés.

Contexte, entreprise et secteur

Contexte politique et social de la Colombie

La Colombie est un pays situé au nord de l'Amérique du Sud de cinquante millions d'habitants. Elle est la 4ème économie d'Amérique Latine derrière le Brésil, le Mexique, l'Argentine. C'est un pays en forte croissance qui suit un processus de paix avec les groupes guérilleros : cette guerre a ralenti sa croissance depuis les années 1950. Grâce à ce processus de paix, la violence, les homicides et le narcotrafic ont fortement diminué ces dernières années ce qui permet au pays de s'ouvrir au tourisme et de fortement se développer commercialement. Le pays accroit peu à peu ses partenariats culturels, sportifs (des écoles de rugby s'ouvrent pour aider des jeunes à sortir de la pauvreté) ou universitaires (Centrale a un tout nouveau partenariat avec une université colombienne) avec la France. L'économie de la Colombie est particulièrement liée au secteur agricole mais aussi au pétrole, dont la production devrait augmenter. Elle est très liée au dollar et reste très instable : en six mois le cours du peso colombien a chuté de 2800 à 3500 pesos pour un euro.

La capitale est Bogotá, ville de plus de 7 millions d'habitants où est implantée AWA Ingeniería et lieu de mon stage. La deuxième plus grande ville est Medellín, ville de 2.5 millions d'habitants anciennement connue pour son cartel de drogue. Celle-ci se développe et est devenu un symbole de développement et de modernité en Colombie. Quant à Bogotá, elle a un peu plus de mal à se moderniser à cause de la corruption des élus, du grand nombre de déplacés et réfugiés suite à la guerre et de très grandes inégalités.

Ces problèmes ne se limitent pas seulement à Bogotá mais toute la Colombie en est victime. Ceci l'empêche de se développer aussi vite qu'elle le pourrait. Enfin la mauvaise image de la Colombie due à son passé violent et lié à la drogue reste aussi un frein à son ouverture à l'international, même si cette image s'estompe peu à peu.

L'entreprise et son secteur

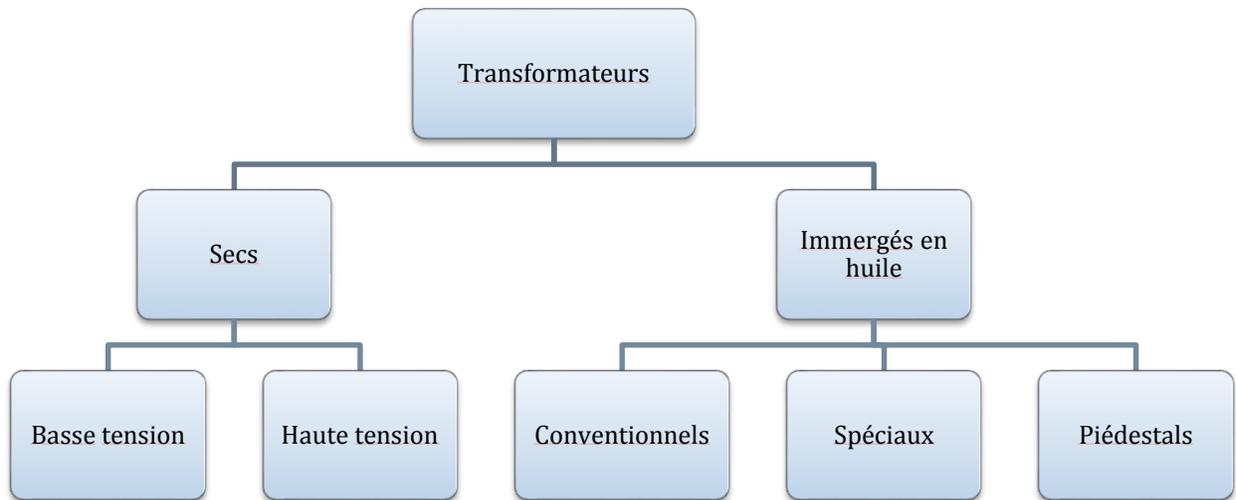
AWA Ingeniería est une entreprise spécialisée dans la fabrication, la réparation et la maintenance de transformateurs de puissance, de distribution ou d'armoires électriques. Elle est basée à Bogotá et fabrique des transformateurs depuis plus de 20 ans principalement pour des clients en Colombie.

Dans le secteur des transformateurs, l'entreprise doit faire face à deux concurrents principaux internationaux qui sont Siemens et ABB et à quelques concurrents nationaux. Sa flexibilité lui permet de se démarquer des entreprises internationales en proposant à ses clients des transformateurs totalement personnalisés et pour des productions à l'unité tandis que les grands fabricants proposent uniquement des transformateurs immergés en huile pour des commandes de dizaines d'unités. Elle essaie aussi de se démarquer de ses concurrents en misant sur la qualité et sa certification ISO 9001. Ces derniers mois elle connaît une légère baisse de son activité à cause du ralentissement du secteur pétrolier très influent en Colombie et elle rencontre quelques difficultés à cause de la forte baisse du peso colombien et de son instabilité.

C'est une entreprise d'une soixantaine d'employés dont une quarantaine d'employés sont des ouvriers et une vingtaine sont des employés administratifs. C'est donc une petite entreprise mais qui grandit peu à peu, augmentant son nombre d'employés et agrandissant ses locaux. Elle essaie de progresser sur le marché colombien et éventuellement international c'est pourquoi elle est certifiée ISO 9001 et développe une démarche de qualité, de sécurité et de respect de l'environnement. Cependant elle reste une entreprise familiale dont les gérants sont les fondateurs et où l'ambiance est sympathique et protectrice.

Sa particularité est due à son secteur : les transformateurs sont fabriqués selon le besoin spécifique du client. Ainsi le processus de dessin et de fabrication est basé spécialement sur la demande du client.

Il existe différents types de transformateurs comme on le voit sur le schéma suivant :



Chaque type de transformateur a sa spécificité, son coût, son utilisation... Une fois le type de transformateur choisi, le client peut personnaliser les puissances et dérivations, le matériau conducteur ou encore rajouter des options afin que celui-ci soit le plus adapté à sa future utilisation et à son milieu.

Présentation du stage

Ma mission

Au cours de ces 6 mois, ma mission était basée sur la mise en place ou l'amélioration de processus afin de viabiliser, standardiser ou optimiser certaines activités. Le but de mon stage était donc d'étudier les processus actuels pour les améliorer ou en mettre en place de nouveau pour sécuriser et optimiser la gestion de l'entreprise. Ma mission s'est déroulée dans deux domaines : d'une part la logistique, en travaillant sur la gestion des stocks et les achats et d'autre part, la production en travaillant sur la gestion de la production et sur la partie de l'atelier qui fabrique les bobines des transformateurs.

Concernant la gestion des stocks et les achats, aucun processus n'existait. L'achalandage se faisait approximativement en fonction des stocks présents, des délais et des fabrications prévues ce qui engendrait des ruptures de stock importantes et une pression sur le personnel des achats et de l'entrepôt. L'objectif était donc de mettre en place une méthodologie permettant d'éviter les ruptures de stock et de sécuriser les activités des achats.

Concernant la partie production, le flux de production des bobines était peu clair voire inexistant et les postes, l'organisation et les processus n'étaient pas standardisés, l'objectif était donc d'étudier le flux de production et les processus afin de les optimiser. Enfin sur la toute fin de mon stage, j'ai étudié le plan directeur de production afin de réfléchir à une nouvelle façon de gérer la production pour la rendre plus fonctionnelle et plus efficace. Je ne parlerai que très peu de la modification du plan directeur de formation car le travail n'est pas encore fini au moment où j'écris et il n'entre que très peu dans l'amélioration des processus.

Mon équipe de travail

Plusieurs équipes composent la partie administrative : les équipes commerciale, technique et de gestion des ressources humaines. Mon stage s'est déroulé dans la partie technique de l'entreprise.

L'équipe technique regroupe les employés de la production, des achats, du bureau d'étude et de la gestion intégrale. Je travaillais en parallèle de ces employés afin d'être en support pour les aider à réaliser leurs missions. J'ai donc collaboré avec les employés des achats et de l'entrepôt puis avec les employés de la production. Mon tuteur était quant à lui responsable de l'équipe technique ce qui lui permettait de m'aiguiller dans mes missions et de répondre à mes questions.

Afin de maintenir la cohésion de l'équipe, des formations et réunions ont lieu de façon hebdomadaire pour échanger sur son travail ou se maintenir au courant des avancées de chacun et de l'entreprise. Ces formations sont programmées par le responsable de l'équipe technique et la responsable de la qualité selon les sujets récents abordés par certains.

Déroulement du stage

La ligne directrice de mon stage a été la création ou l'amélioration des processus logistiques ou de production. Ma première mission a ainsi porté sur un processus logistique : la gestion des stocks. Je devais analyser la situation actuelle puis proposer et réaliser des bases de données et des supports permettant la mise en place de méthodologie d'acquisition des matières premières principales.

Amélioration du processus des achats

Tout d'abord ma mission a été de viabiliser l'activité de l'entrepôt et des achats. Afin de pouvoir mettre en place un processus, je me suis d'abord basée sur le processus des achats afin de comprendre comment la gestion des stocks se faisait à l'heure actuelle. J'ai aussi beaucoup étudié les ventes afin de comprendre le marché des transformateurs et comment pourraient se modéliser les ventes afin d'établir un processus de gestion des stocks.

Compréhension du fonctionnement des achats et de la gestion des stocks

La première semaine de mon stage a consisté à comprendre le fonctionnement global de l'entreprise et plus particulièrement celui des achats et de l'entrepôt. En effet pour cerner les difficultés rencontrées par ces deux pôles et les points sur lesquels un travail était nécessaire, il me fallait connaître leur fonctionnement actuel. Mon tuteur m'a d'abord proposé d'étudier les standards de poste de ces deux pôles afin de me familiariser avec leurs rôles et leurs tâches (et leur vocabulaire). Ceci m'a permis d'avoir une première approche des tâches, d'avoir une idée plus précise des acteurs, de leurs missions, de leurs interactions et de comprendre sur quels critères étaient choisis ou éliminés les fournisseurs. Puis j'ai passé une journée avec les deux employés des achats et une autre journée avec la responsable de l'entrepôt afin de pouvoir comprendre concrètement et voir quelles étaient leurs activités et leurs fonctionnements.

Le processus est ainsi le suivant :

- la responsable de l'entrepôt gère les entrées et sorties de matière grâce au logiciel d'entreprise Helisa ;
- en fonction du stock actuel, de la production prévue et des délais de livraison, la responsable de l'entrepôt s'entend avec le pôle des achats afin d'estimer s'il est nécessaire de commander certains matériaux ou produits ;
- une fois qu'une commande est décidée, la quantité à commander est estimée selon la production future et l'estimation des employés des achats et de l'entrepôt ;
- le fournisseur est ensuite choisi parmi les fournisseurs approuvés en fonction du tarif et des délais de livraison.

Cette première approche m'a permis de me rendre compte que la gestion du stock était principalement gérée par le savoir-faire et les connaissances des employés, qu'aucun stock de sécurité n'existait et donc que la tenue des stocks était approximative. Ceci impliquait une grande pression sur les employés des achats et de l'entrepôt, beaucoup de commandes et de tâches réalisées dans l'urgence et des ruptures de stock importantes qui empêchaient le bon déroulement de la production. De plus cela pouvait être nuisible voire très nuisible au bon fonctionnement de l'entreprise si une de ces personnes était absente.

Il m'a donc semblé important de mettre en place un système permettant de gérer les stocks de matière. Après discussion avec mon tuteur nous avons donc décidé que mon premier objectif serait de proposer un système de gestion des stocks des matières premières principales. Les matières premières principales sont celles qui ont le plus de valeur pour l'entreprise et sont les plus importantes pour la fabrication d'un transformateur : les plaques de silicium, les tôles laminées à chaud, l'huile diélectrique, les conducteurs et enfin le papier isolant. Mon tuteur avait isolé ces matières premières comme principales à l'aide de la méthode de Pareto qui consiste à identifier les 20% des articles en nombre qui représentent 80% de la valeur totale du stock.

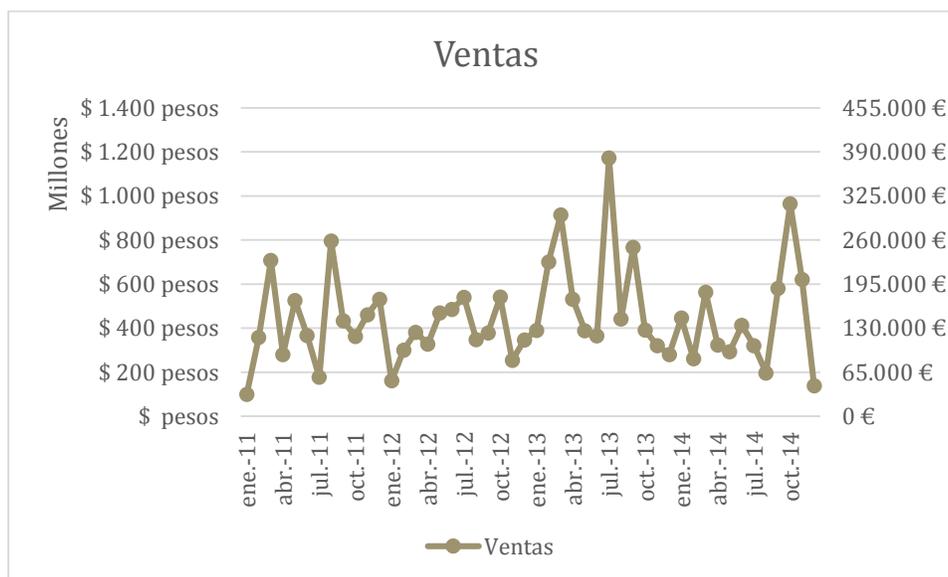
Afin de pouvoir mettre en place un système de gestion des matières premières principales, il me fallait donc comprendre et analyser le comportement de la demande.

Compréhension du marché

Afin de mettre en place un système de gestion des stocks, il fallait donc étudier la demande et éventuellement la prévoir. C'est pourquoi j'ai commencé par une analyse approfondie de la demande.

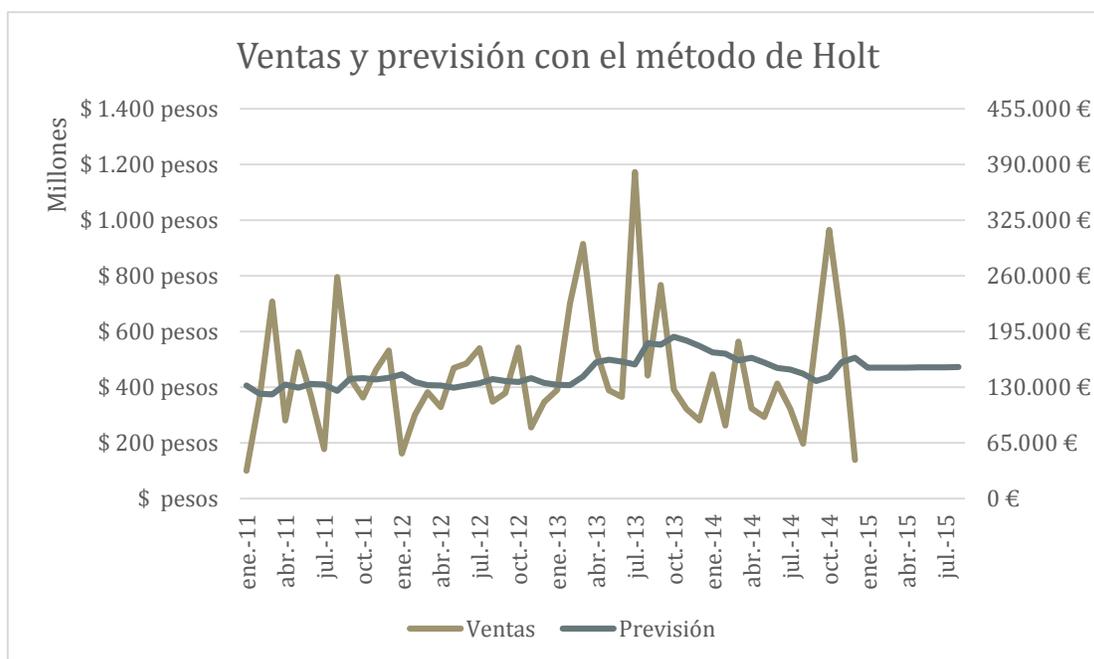
Afin d'étudier la demande, je me suis basée sur les ventes des 4 dernières années. En effet même si les ventes ne représentent pas exactement la demande, elles sont les plus représentatives pour proposer par la suite un modèle de gestion des stocks. De plus, étudier les ventes me permettait aussi de comprendre un peu mieux le marché des transformateurs. En effet, au début, il m'était difficile de me rendre compte que chaque transformateur était étudié précisément pour les besoins du client et qu'ainsi peu de choses étaient standardisées d'où certaines difficultés de gestion et de prévision.

J'ai donc commencé par étudier les ventes mensuelles des quatre dernières années.



Comme on le voit les ventes sont relativement aléatoires. J'ai tout de même commencé par étudier les ventes avec des méthodes basiques pour la prévision des ventes afin de voir si certains comportements ressortaient telles qu'une augmentation progressive, une stabilité autour de la moyenne... Pour commencer j'ai utilisé la méthode de la moyenne mobile mais les variations étant trop importantes d'un mois à l'autre, cette méthode ne donnait pas de résultats satisfaisants concernant les prévisions.

J'ai ensuite utilisé la méthode d'Holt, une méthode de lissage exponentiel permettant de voir si une tendance est présente (explication des méthodes de prévision en annexe 1) (Baudot, 2015; Nahmias, 2007)

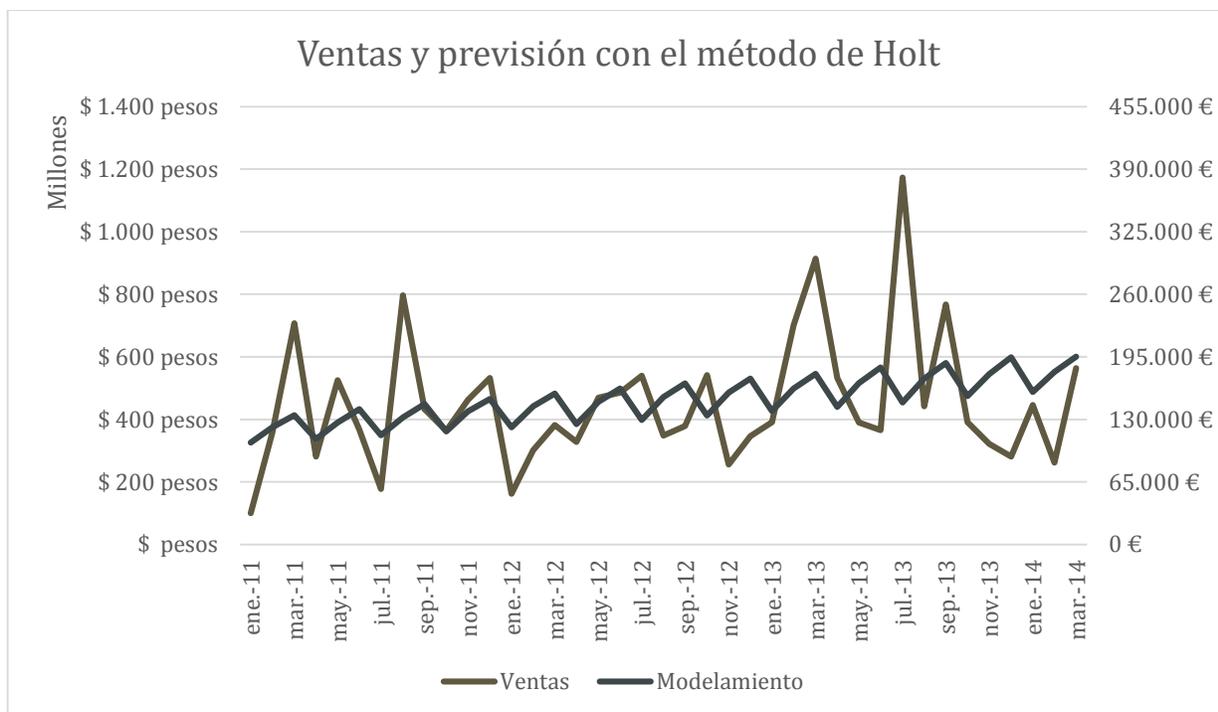


La méthode de Holt nous permet donc de nous rendre compte que les ventes sont globalement stables avec une très légère augmentation au cours des années. Cependant cette méthode n'est pas suffisante pour expliquer et prévoir les fortes variations des ventes, notamment les grands pics de ventes.

Une des raisons pour ces pics de ventes pourrait être une saisonnalité des ventes. A la vue de la courbe la saisonnalité n'est pas évidente mais il était intéressant de le vérifier, par exemple il pouvait sembler qu'une périodicité de trois ou quatre mois était présente. Dans le cas d'une saisonnalité c'est le lissage de Winters qui intervient, il consiste pour une saisonnalité de x mois à donner un coefficient à chaque période de la saison en fonction de son rôle. Ainsi par exemple pour une saisonnalité de 4 mois si le deuxième représente toujours un pic par rapport à la moyenne alors le coefficient sera supérieur à 1 et inversement si le deuxième mois représente un creux.

Comme les périodicités me semblaient être de 3 ou 4 mois, j'ai commencé par ces périodicités mais les résultats n'étaient pas satisfaisants.

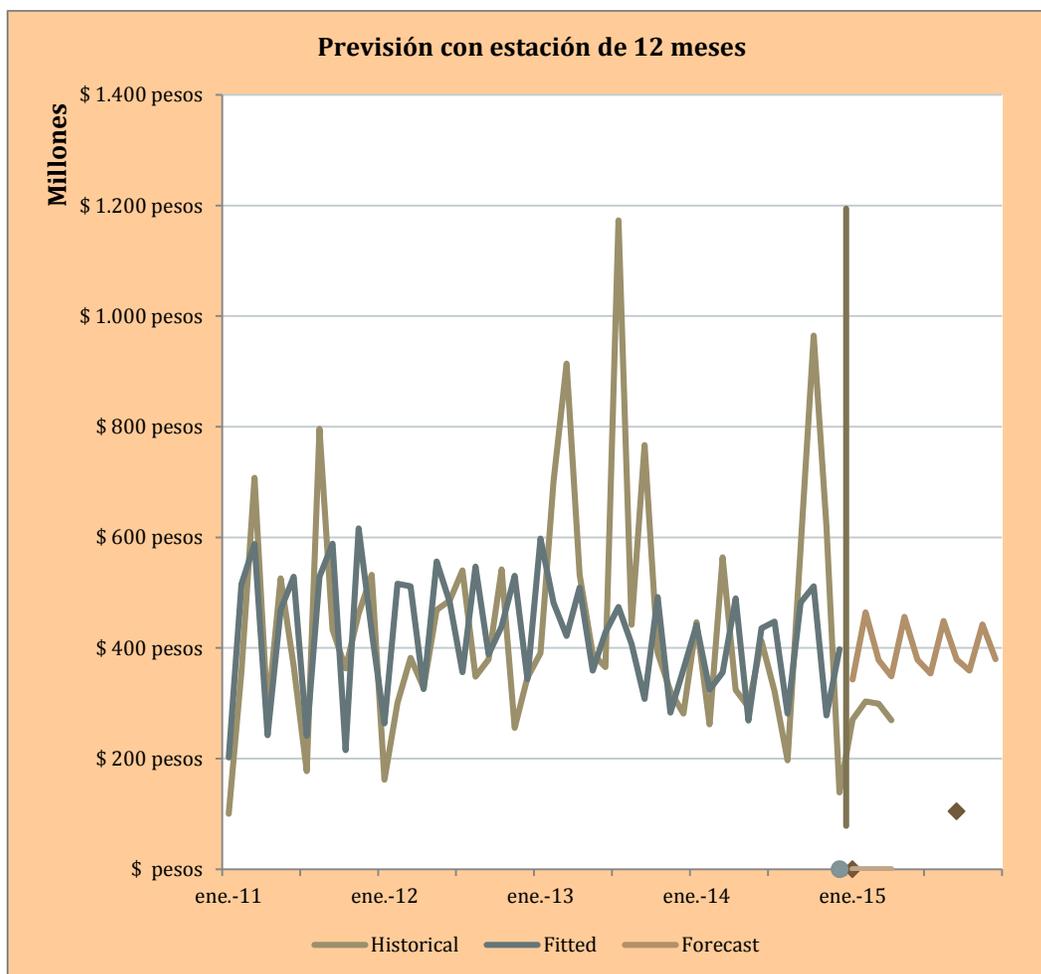
Comme on peut le voir sur le graphique suivant pour une saisonnalité de 3 mois l'écart reste important entre la modélisation et la réalité, notamment les trois derniers mois représentent les prévisions et la réalité or l'écart entre les deux est considérable.



Les périodicités de 3, 4, 6 mois ou un an étant les plus fréquentes, j'ai effectué des tests avec ces différentes périodicités mais aucune de ces périodes n'a donné des résultats satisfaisants. On peut donc supposer que les ventes ne suivent pas de saisonnalité.

Une extension Excel nommée "Crystal Ball" permet d'identifier les saisonnalités, les tendances et les prévisions en rentrant les ventes mensuelles. J'ai donc utilisé cette extension afin de vérifier mes hypothèses. En effet toutes les modélisations précédentes ont été faites par une feuille de calcul que j'ai créé, or afin de modéliser les ventes il faut jouer sur différents paramètres déterminés en minimisant l'erreur quadratique entre la réalité et la modélisation, ce que le solveur d'Excel ne fait pas parfaitement, d'où l'utilisation de Crystal Ball pour confirmer les résultats précédents.

Crystal Ball a une méthode de calcul d'autocorrélation pour vérifier s'il y a ou non une saisonnalité et son résultat a confirmé l'hypothèse que les ventes étaient indépendantes d'une saisonnalité. De plus comme précédemment les prévisions proposées par Crystal Ball sont assez éloignées de la réalité.



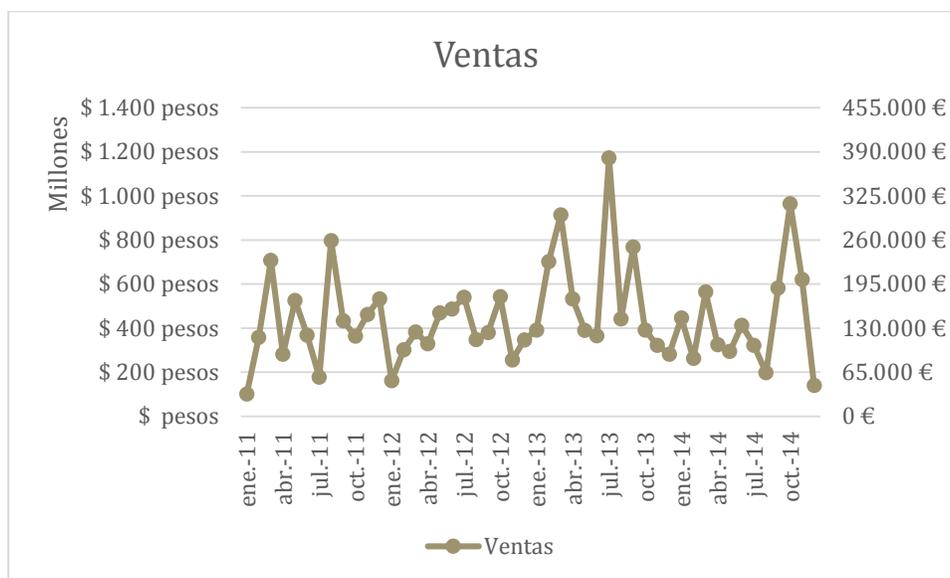
On peut donc conclure que les ventes sont trop aléatoires pour pouvoir les prévoir avec suffisamment de précision et baser un système de gestion des stocks sur ces prévisions.

La dernière solution était donc non pas d'essayer de prévoir les ventes mais d'essayer d'établir une loi de probabilité de la demande afin d'y baser le système de gestion des stocks. Les ventes pouvaient donc se modéliser par plusieurs loi de probabilité : la loi normale, la loi log-normale ou la loi de Poisson qui sont les plus fréquemment utilisées dans notre cas.

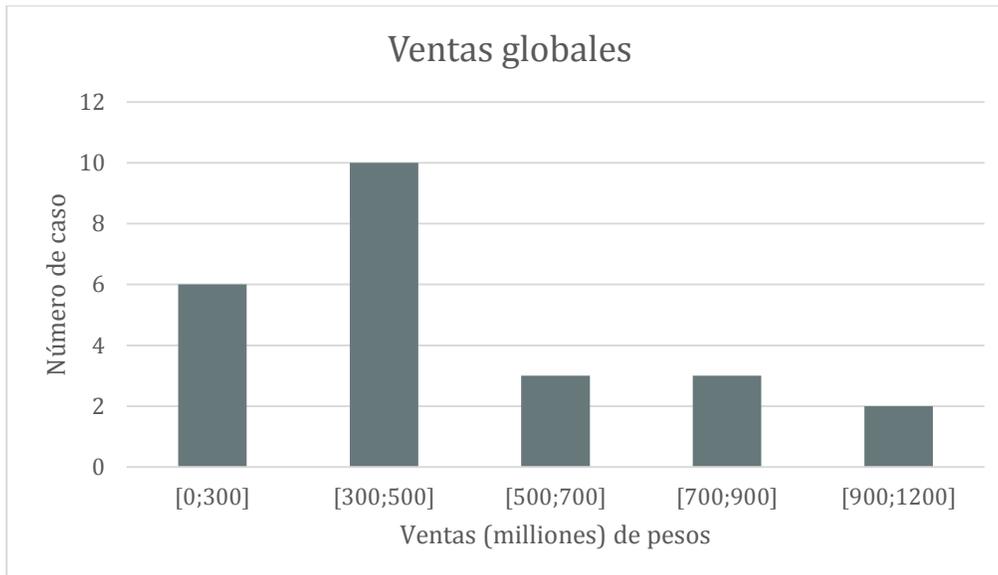
La loi normale est utilisée lorsque les quantités d'articles et leur rotation sont telles qu'une approximation par une loi continue est parfaitement envisageable. Pour la loi log-normale c'est le logarithme népérien de la variable aléatoire qui suit une loi normale, cette loi correspond plus particulièrement lorsque les quantités d'articles et leur rotation pourraient être représentées par une loi continue mais dont la variable aléatoire ne peut être représentée par une loi normale à cause de trop grandes variations. La loi de Poisson est utilisée principalement pour des articles qui ont une faible rotation.

Concernant les ventes, celles-ci pouvaient donc être représentées par une loi normale, ou dans le pire des cas par une loi log-normale si les ventes étaient trop aléatoires. La loi de Poisson ne convient pas à priori car elle s'applique aux événements très rares ou mal connus ce qui n'est (heureusement) pas le cas pour les ventes.

Pour modéliser la loi par une loi de probabilité, j'ai travaillé sur les données des deux dernières années car pour celles-ci les ventes par catégories de transformateurs étaient disponibles ce qui permettait une étude plus complète et plus précise.



Tout d'abord l'analyse graphique rapide suivante permet de visualiser rapidement que les ventes pourraient suivre une loi de distribution normale :



Afin de vérifier cette hypothèse, il existe un test : le test de Shapiro (détails en annexe 2). Celui-ci est particulièrement approprié car il est facile à mettre en place et est un des plus performants pour des échantillons d'une taille inférieure à 50 individus. La mise en place facile du test de Shapiro est en effet un critère important : les employés des achats doivent être capables de comprendre ce test sans trop de difficulté et d'interpréter les résultats facilement afin de pouvoir par la suite être autonome pour ce qui concerne la gestion des stocks.

Le test de Shapiro confirme bien que les ventes suivent une loi normale avec une erreur de 5%. La modélisation des ventes par une loi normale laisse donc supposer que la consommation de matière pourra sûrement elle aussi se modéliser par une loi normale et donc permettre un système de gestion des stocks.

Création d'un système de gestion des stocks

Afin de créer un système de gestion des stocks je me suis basée sur les ventes unitaires des deux dernières années. On peut distinguer deux types de consommation des matériaux :

- les matériaux dont la quantité nécessaire est standardisée pour chaque transformateur ;
- les matériaux dont la quantité nécessaire n'est pas standardisée pour chaque transformateur car cela dépend du besoin du client.

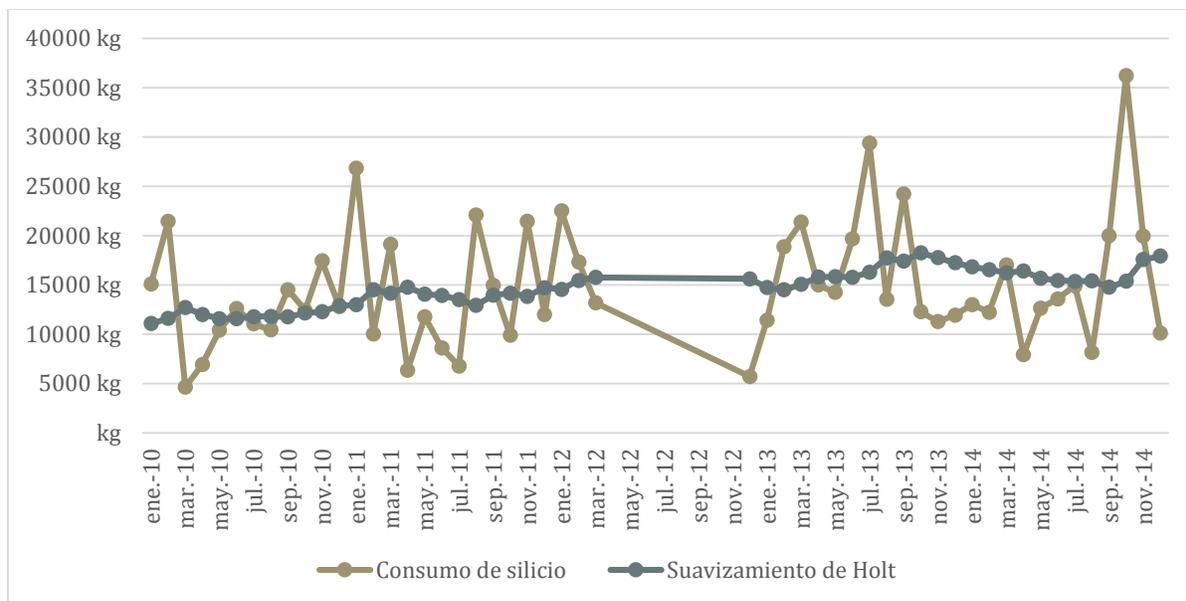
Ceci est dû au fait que les transformateurs sont fabriqués à la demande du client et adaptés à ses besoins. Par exemple, pour un transformateur sec de puissance 150kVA, il existe une dizaine de plans électriques différents ; le matériel conducteur et sa quantité consommée peuvent être différents; le poids du noyau reste quant à lui globalement le même pour une même puissance de transformateur.

Matériaux dont la quantité est standardisée pour chaque transformateur

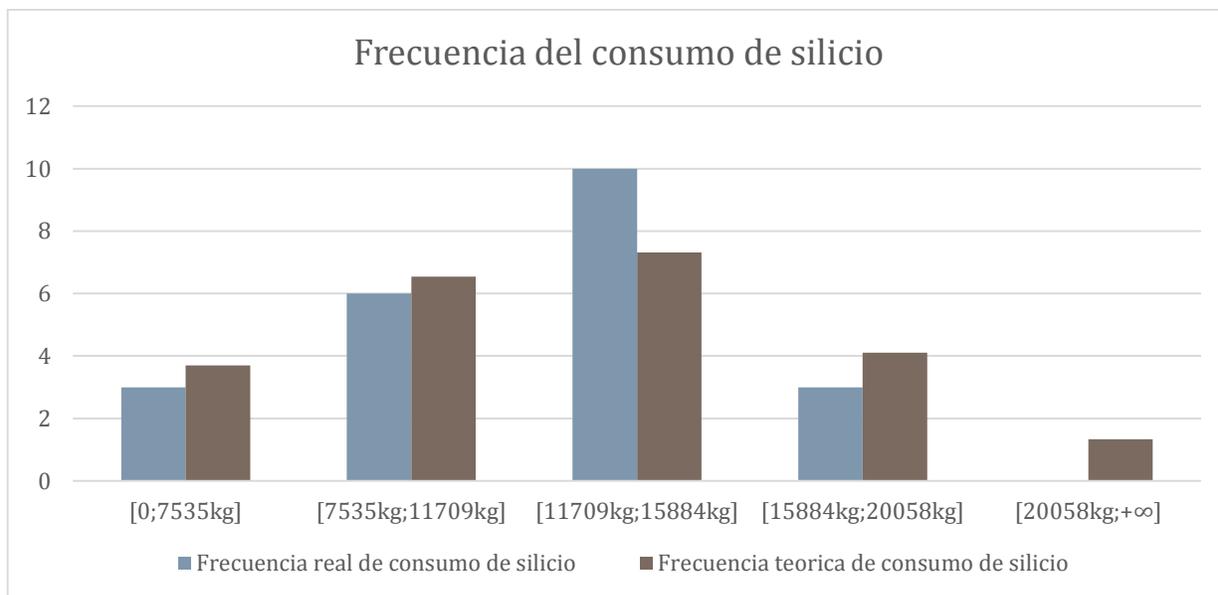
Pour commencer mon tuteur m'a aiguillé sur la gestion des stocks des plaques de Silicium. En effet la quantité de silicium est connue pour chaque type de transformateur et il avait l'historique de tous les transformateurs vendus depuis 2010 (les données de 2012 étant manquantes).

Elaboration des calculs

J'ai donc appliqué la même méthode que sur les ventes mais à la consommation mensuelle en silicium. Étant donné que les ventes étaient impossibles à prévoir et qu'elles ne présentaient aucune saisonnalité, la consommation en silicium ne pouvait suivre un schéma de prévision saisonnier ou non. Je me suis donc concentrée sur la gestion des stocks avec une loi normale. J'ai donc tout d'abord étudié si la consommation de silicium suivait une loi normale. Les données de 2012 étant manquantes et comme on le voit aussi sur le schéma suivant avec la méthode de lissage de Holt, la consommation étant en légère augmentation, il était préférable de se concentrer sur l'étude des deux dernières années afin de ne pas donner trop d'importance aux données anciennes, moins représentatives. Je me suis donc concentrée sur les années 2013 et 2014.



Avec le test de Shapiro, j'ai ensuite pu vérifier que la consommation de silicium mensuelle suivait bien une loi normale comme on pouvait le pressentir sur le diagramme suivant :



Une fois le modèle de loi normale validé je pouvais construire une gestion de stock basée sur cette modélisation de la consommation de silicium.

Premièrement, j'ai calculé les stocks de sécurité nécessaires avec la méthode classique dans le cas d'une loi normale prenant en compte le taux de service souhaité et le délai. On trouve alors une moyenne de consommation mensuelle de 15344kg et un écart type de 5131kg. On constate donc que l'écart type est assez élevé ce qui est dû au fait que la demande est incertaine, avec des forts pics de consommation comme en octobre 2014 où la consommation a été de 36000kg. La demande étant trop importante en octobre 2014 j'ai décidé de ne pas en tenir compte car c'était un événement exceptionnel lié à la fin des élections en Colombie¹.

Concernant la gestion des stocks, deux solutions étaient possibles : le réapprovisionnement par quantité fixe et le réapprovisionnement à intervalle de temps fixe. Dans notre cas, la demande est assez aléatoire et le silicium est essentiel à la fabrication d'un transformateur c'est pourquoi le réapprovisionnement par quantité fixe avec un suivi en temps réel du stock, même s'il est plus coûteux, est préférable à un réapprovisionnement à intervalle de temps fixe pour lequel le stock est inconnu durant l'intervalle de temps.

Il suffisait ensuite d'appliquer le modèle de Wilson afin de calculer la quantité économique à commander et de calculer le point de commande.

Je trouvais alors : $Q_{ec} = \sqrt{\frac{2C_l Q_a}{C_s}} = 3500kg$ et $S_s = z\sigma\sqrt{d} = 356kg$ pour un taux de service à 99%.

Cependant ce modèle est efficace lorsque la variation de la consommation est relativement faible, ce qui n'est pas notre cas. Lorsque la consommation est incertaine il existe une autre méthode plus appropriée. Cette méthode de calcul par itération de la quantité économique et du point de commande permet de la même manière que précédemment de minimiser les coûts espérés d'achats et de gestion des stocks mais en prenant plus en compte le caractère aléatoire de la consommation (Nahmias, 2007)

On considère que la quantité économique et point de commande sont optimaux lorsqu'il y a convergence durant l'itération. Avec cette méthode on trouve $Q^*=10\ 180kg$ et $R^*=41\ 700kg$.

¹ En Colombie une loi empêche les gros investissements avant les élections pour éviter la corruption.

Nous avons donc un système de gestion des stocks qui permettait de sécuriser la production en limitant les ruptures de stock tout en optimisant les coûts espérés.

Automatisation des calculs

Cependant je souhaitais faire un fichier Excel permettant de faire les calculs automatiquement et qui pourrait s'appliquer à d'autres matériaux. J'ai donc décidé de faire un fichier Excel sur lequel il serait possible d'ajouter facilement les dernières lignes de vente puis d'actualiser facilement les calculs afin de vérifier que la consommation correspondait toujours à une loi normale et enfin calculer la quantité optimale de commande et le point de commande optimal.

Pour cela j'ai codé en VBA afin d'automatiser le plus possible, grâce à des boutons reliés à des programmes.

Le fichier se présente ainsi :

- à l'ouverture, une fenêtre propose d'ajouter des ventes afin d'actualiser les résultats.

Notre tableau est ainsi :

	A	B	C	D	E	F	G
1	<u>Ventas por producto unitario</u>						
2							
3							
4	Para agregar nuevos datos de ventas, hacer clic en "Agregar ventas", pegar los datos de					Lista de hojas	
5	potencia, tipo y fecha de inicio de cada venta por orden cronológico.					General	
6					Agregar Ventas		
7							
8	Una vez los datos agregados, hacer clic en Actualizar.					Actualizar todo	Actualizar dos ultimos años
9							
10	orden cronológico sino el cálculo no funcionara.						
11							Actualizar silicio
12							
13	AÑO	KVA	TIPO	FECHA DE INICIO	MES/AÑO	NOMBRE	PESO DE SILICIO (kg)
2303	2014	3	SBT	jueves, 18 de diciembre de 2014	12/2014	3SBT	
2304	2014	3	SBT	jueves, 18 de diciembre de 2014	12/2014	3SBT	
2305	2014	6	BR	jueves, 18 de diciembre de 2014	12/2014	6BR	
2306	2014	6	BR	jueves, 18 de diciembre de 2014	12/2014	6BR	
2307	2014	6	BR	jueves, 18 de diciembre de 2014	12/2014	6BR	
2308	2014	3	BR	jueves, 18 de diciembre de 2014	12/2014	3BR	
2309	2014	3	BR	jueves, 18 de diciembre de 2014	12/2014	3BR	
2310	2014	3	BR	jueves, 18 de diciembre de 2014	12/2014	3BR	
2311	2014	3	BR	jueves, 18 de diciembre de 2014	12/2014	3BR	
2312	2014	200	SBT	viernes, 19 de diciembre de 2014	12/2014	200SBT	
2313	2014	20	SBT	miércoles, 24 de diciembre de 2014	12/2014	20SBT	
2314	2014	20	SBT	miércoles, 24 de diciembre de 2014	12/2014	20SBT	

- si des ventes ont été ajoutées, il faut ensuite actualiser le tableau des ventes pour pouvoir assigner la masse de matière consommée par chaque produit vendu de cette façon. On voit sur l'image suivante que le poids en silicium a été ajouté pour chaque transformateur vendu.

	A	B	C	D	E	F	G
1	Ventas por producto unitario						
2							
3							
4	Para agregar nuevos datos de ventas, hacer clic en "Agregar ventas", pegar los datos de potencia, tipo y fecha de inicio de cada venta por orden cronológico.					Lista de hojas	General
5				Agregar Ventas			
6				Actualizar todo	Actualizar dos ultimos años		
7							
8	Una vez los datos agregados, hacer clic en Actualizar.						
9							
10	orden cronológico sino el cálculo no funcionara.						
11							Actualizar silicio
12							
13	AÑO	KVA	TIPO	FECHA DE INICIO	MES/AÑO	NOMBRE	PESO DE SILICIO (kg)
2303	2014	3	SBT	jueves, 18 de diciembre de 2014	12/2014	3SBT	25
2304	2014	3	SBT	jueves, 18 de diciembre de 2014	12/2014	3SBT	25
2305	2014	6	BR	jueves, 18 de diciembre de 2014	12/2014	6BR	0
2306	2014	6	BR	jueves, 18 de diciembre de 2014	12/2014	6BR	0
2307	2014	6	BR	jueves, 18 de diciembre de 2014	12/2014	6BR	0
2308	2014	3	BR	jueves, 18 de diciembre de 2014	12/2014	3BR	0
2309	2014	3	BR	jueves, 18 de diciembre de 2014	12/2014	3BR	0
2310	2014	3	BR	jueves, 18 de diciembre de 2014	12/2014	3BR	0
2311	2014	3	BR	jueves, 18 de diciembre de 2014	12/2014	3BR	0
2312	2014	200	SBT	viernes, 19 de diciembre de 2014	12/2014	200SBT	340
2313	2014	20	SBT	miércoles, 24 de diciembre de 2014	12/2014	20SBT	85
2314	2014	20	SBT	miércoles, 24 de diciembre de 2014	12/2014	20SBT	85

Le programme va chercher les informations de consommation de matières dans un tableau recensant tous les transformateurs proposés par AWA Ingeniería et pour chaque transformateur est renseigné le poids de matière nécessaire à sa fabrication.

Une fois les données actualisées, il faut actualiser les consommations mensuelles de chaque matériau. Ceci se fait sur une autre feuille, qui se présente ainsi :

Base de datos resumiendo los datos de ventas y de consumo al mes							
Una vez datos agregados a la hoja "Ventas producto unitario", es necesario de actualizar los datos de ventas mes a mes. Para eso hacer clic sobre actualizar.							
El cuadro se resume las ventas, los kVA vendidos y el silicio consumido cada mes.							Actualizar
	kVA vendidos	Silicio consumido (kg)	Lámina HR 1/4" (kg)	Lámina HR 3/16" (kg)	Lámina HR 1/8" (kg)	Lámina HR 2,5mm (kg)	Volumen de aceite (L)
Promedio	8530	13612	881	65	205	1029	2940
Desviación	4332	6755	449	90	254	662	1854
Máximo	22880	36212	2293	545	1426	3431	7935
Mínimo	2235	0	0	0	0	0	0
Mediana	8011	12612	870	42	136	987	2550
Coefficiente asimetría	1,24	0,63	0,65	3,61	3,34	1,08	0,85
ene-10	9638	15115	1190	80	182	801	3037
feb-10	10925	21454	1704	94	258	2342	4755

Enfin chaque matériau a sa propre feuille afin d'étudier sa consommation, si elle correspond bien à une loi normale et calculer la quantité optimale de commande et le point optimal de commande.

Le test de Shapiro se fait automatiquement, il faut cependant ne pas tenir compte des valeurs trop extrêmes s'il y en a.

Ensuite pour calculer la quantité de commande et le point de commande, il est nécessaire d'informer les données suivantes :

Datos a informar	
$c = \$ 6.000$	Valor promedio de una unidad de inventario
$k = \$ 160.000$	Costo de preparación por pedido
$l = 25\%$	Tasa anual de interés
$h = \$ 1.500$	Costo de mantener el inventario por unidad por año
$\beta = 98,0\%$	Nivel deseado del servicio Tipo 2
$\tau = 2$ meses	Tiempo de demora del pedido
Cada vez que los datos fueron actualizados o uno de los datos a informar cambiado, hacer clic en "Actualizar cálculos" para actualizar los resultados.	
<input type="button" value="Actualizar cálculos"/>	

Ces données sont connues des employés des achats pour la valeur moyenne d'une unité et du gérant pour les différentes données de coûts.

Une fois les calculs actualisés grâce au bouton, on obtient les résultats suivants sur la gestion des stocks :

Resultados	
Cantidad óptima de pedido	$Q^* = 9148$ kg
Punto óptimo de reorden	$R^* = 35260$ kg
Nivel del servicio Tipo 1	$\alpha = 93,56\%$
Costo anual promedio esperado asociado al tamaño de lote Q	$G(Q) = \$ 900.957.633$
Tiempo promedio entre 2 pedidos	$T_p = 3,2$ semanas
Stock de seguridad	$S_s = 10497$ kg

L'avantage de ce programme est que tout est automatisé, donc que les calculs et les mises à jour sont faciles à effectuer. Un deuxième avantage est que le code n'étant pas visible on ne peut effacer des formules par erreur comme c'est le cas avec les formules dans le tableur.

Cependant un des points négatifs est que si l'on souhaite modifier quelques choses du fichier il faut alors rentrer dans le code. Celui-ci est cependant annoté de façon à expliquer toutes les étapes du code mais des bases en VBA sont nécessaires. Un autre problème est que parfois si une petite erreur existe dans le fichier alors les calculs ne vont pas fonctionner correctement (par exemple si les dates ne sont pas dans l'ordre chronologique). Pour résoudre les différents problèmes j'ai donc écrit un manuel d'utilisation du fichier.

Cependant il m'a semblé plus adapté de tout calculer automatiquement car par la suite cela évite aux employés des achats de devoir toucher aux formules Excel et ainsi d'éviter les erreurs de copier-coller ou les erreurs lorsqu'il faut modifier les algorithmes de recherche. En passant par VBA, tout est automatisé et les employés n'ont pas à modifier les formules.

Une fois le fichier fait pour la gestion des stocks de silicium, il fallait alors simplement ajouter des colonnes pour la gestion des stocks de certaines autres matières premières principales. Les autres matières premières principales dans le même cas que le silicium sont les tôles en acier laminés à chaud et l'huile diélectrique. En effet les quantités consommées par chaque type de transformateurs sont standardisées et la gestion des stocks devrait donc fonctionner de la même manière que le silicium, à condition que les données suivent une loi normale. Grâce au fichier automatisé il a été facile et rapide de vérifier la normalité de la consommation de des matériaux précédents et donc de trouver pour chacun les quantités optimales de commande et les points de commande optimaux.

Matériaux dont la quantité consommée varie

La partie la plus personnalisée pour un transformateur est les bobines qui vont varier en fonction de nombreux paramètres et options demandées par le client (matériel conducteur : Cuivre ou aluminium; nombres de dérivations...). Ainsi pour une bobine d'une puissance donnée, plusieurs matériaux conducteurs peuvent être utilisés et la quantité consommée varie. Ceci est aussi le cas pour le papier isolant électrique dont la quantité va dépendre du conducteur utilisé. La méthode précédente utilisant la consommation de matière pour chaque transformateur ne pouvait donc être utilisée.

Les seules données disponibles étaient donc les données d'achat dont on pouvait connaître la date et la quantité commandée. Ayant les données sur les 5 dernières années, on pouvait donc supposer que la consommation des 5 dernières années était équivalente à la quantité achetée

sauf pour certains matériaux achetés en trop grande quantité : certains matériaux ayant été achetés en très grande quantité suite à des promotions. Pour ces matériaux j'ai donc utilisé le fichier créé précédemment mais avec les quantités achetées et non consommées. Cette méthode fonctionnait pour la majorité des conducteurs. Pour certains les achats étaient trop aléatoire et ne suivaient pas une loi normale. La loi log-normale et la loi de Poisson ne correspondait pas non plus il était donc impossible d'estimer un stock de sécurité.

Mise en place du système de gestion des stocks

Afin de mettre en place ce système, il me fallait connaître le coût d'une commande. Je savais comment la calculer cependant il me manquait des informations afin de le calculer correctement. Or le gérant m'avait dit qu'il me le donnerait dans une semaine afin de pouvoir commencer à mettre en place et tester le système. Malgré mes demandes répétées toutes les semaines, je n'ai pu avoir la donnée que deux mois et demi plus tard c'est-à-dire début août. Ce qui réduisait considérablement voire rendait impossible une phase de test suffisante.

Une fois la donnée obtenue, j'ai présenté mon travail aux employés des achats afin de leur expliquer comment le fichier fonctionnait pour qu'elles soient autonomes par la suite. Je leur ai aussi expliqué comment celui-ci se met en place. Cependant j'aurais dû leur proposer de se revoir une semaine plus tard afin de voir où en était la mise en place et de les aider si besoin. En effet les employés des achats travaillant dans l'urgence elles ne prennent que peu voire pas de temps pour travailler sur la mise en place d'un système de gestion des stocks.

J'ai par la suite expliqué pas à pas le fichier et la mise en place du système de gestion des stocks au gérant en insistant sur les points clés et sur le fait qu'il serait bien de mettre en place le système avant que je finisse mon stage afin d'éviter des problèmes par la suite. Malheureusement même si le système a convaincu le gérant, il n'a pas été mis en place par manque de rigueur dans l'accomplissement des tâches.

Perspective pour l'entreprise concernant la gestion des stocks

Ce travail a permis à l'entreprise d'obtenir un processus assurant une gestion des stocks limitant les ruptures et minimisant les coûts pour la plupart des matières premières principales. Cependant l'efficacité de ce système n'a pu être testée : il reste à mettre en place le système et s'assurer qu'il fonctionne. Concernant les matériaux dont la quantité est connue pour chaque transformateur, celui-ci devrait fonctionner mais cela est moins sûr concernant les matériaux dont la quantité consommée n'est pas standardisée.

Enfin le fichier est créé mais il reste important de garder à l'esprit que ce fichier est un outil de gestion des stocks mais qu'il ne garantit pas une amélioration ou une optimisation. Il faut par la suite essayer d'optimiser et d'améliorer la gestion des stocks. Cependant mettre en place une gestion des stocks devrait permettre de libérer du temps aux employés des achats afin de chercher à améliorer les données de ce fichier pour obtenir des résultats plus précis ou de travailler à l'amélioration des suivis des fournisseurs, au suivi des stocks ou à la diminution du délai de livraison.

Ce système vaut pour les matières premières principales, concernant les autres matériaux en stock il faudrait petit à petit mettre en place un système de gestion des stocks, éventuellement à reconstituer périodiquement et plus visuel afin d'assurer la gestion des stocks et de pouvoir optimiser l'organisation de l'entrepôt.

Amélioration du processus de production de l'atelier de bobinage

Une fois ma mission sur la gestion des stocks bien avancée mon tuteur m'a proposé de travailler sur le processus de fabrication des bobines afin de mettre en place quelques méthodes d'amélioration continue et d'améliorer la productivité.

Étude du fonctionnement de l'atelier

La première étape a été d'observer le fonctionnement de l'atelier et la fabrication d'une bobine. J'ai commencé par observer le travail des ouvriers et par leur poser des questions pendant plusieurs jours afin de comprendre au mieux le fonctionnement de leur poste et leurs tâches.

Les étapes principales pour fabriquer une bobine sont les suivantes :



- Planification du travail : la responsable de l'atelier reçoit les ordres de travail et les dessins électriques venant du département de l'ingénierie. Elle gère les priorités selon le Plan Directeur de Production établi par le coordinateur de production et donne son travail à chaque ouvrier ;
- Préparation du matériel : un ouvrier calcule les dimensions de découpe et coupe le papier isolant. Un autre prépare les conducteurs en apportant les bobines nécessaires à la fabrication de la bobine ;
- Fabrication du centre de la bobine : l'ouvrier superpose plusieurs couches de papier isolant;
- Fabrication de la bobine basse tension : généralement le premier bobinage est celui de la bobine basse tension, pour cela l'ouvrier superpose un certain nombre de couches de conducteurs et de papier isolant ;
- Fabrication de l'entrecouche entre la bobine basse et haute tension : l'ouvrier superpose de nouveau plusieurs couches de papier isolant afin d'isoler électriquement la bobine basse tension de la bobine haute tension. La bobine est changée de bobineuse afin de travailler sur une bobineuse plus adaptée aux conducteurs utilisés pour la seconde partie ;
- Fabrication de la bobine haute tension : l'ouvrier procède de même que pour la bobine basse tension.

En annexe 3, la fabrication d'une bobine est détaillée étape par étape.

Pour chaque bobine les ouvriers ont un standard d'opération électrique, où sont décrits les caractéristiques de la bobine et son plan de fabrication. Cependant, l'observation et la discussion avec les ouvriers n'étaient pas suffisantes car quasiment aucun processus n'est standardisé ainsi il m'était difficile de comprendre le processus dans sa globalité et son fonctionnement précis. J'ai alors pensé à proposer des méthodes basiques mais efficaces étudiées en production et logistique qui permettaient de mettre en évidence les certains problèmes de l'atelier.

Première approche de l'amélioration continue

Avant de lancer une approche de l'amélioration continue, j'ai présenté mes deux propositions aux gérants de l'entreprise, à mon tuteur et à la responsable de l'atelier de fabrication des bobines. Le but de cette présentation était de présenter la démarche que je proposais, d'obtenir leur approbation mais surtout d'obtenir leur soutien durant l'implantation, point sur lequel j'ai insisté.

La méthode des bacs rouges

Une première méthode basique concernant l'amélioration continue est la méthode des bacs rouges. Cette méthode consiste à mettre dans un bac rouge toutes les pièces non conformes, inadaptées, en excès ou d'indiquer s'il y avait des pièces manquantes. Ceci permet de visualiser les problèmes de qualité afin de pouvoir les étudier et les résoudre et donc gagner en productivité.

J'ai donc proposé dans un premier temps d'utiliser la méthode des bacs rouges afin de faire ressortir les problèmes de qualité Afin d'expliquer le fonctionnement et d'éviter des doutes des ouvriers, j'avais préparé des affiches visuelles résumant les bonnes pratiques d'utilisation des étiquettes rouges. Lors de la présentation à l'entreprise, les gérants m'ont proposé d'utiliser des étiquettes rouges plutôt que des bacs rouges car ils fonctionnaient avec cela quand ils avaient des problèmes de qualité (mais uniquement à l'assemblage). Le système des étiquettes rouges a été mis en place. Cependant celui-ci n'a pas fonctionné et n'a été suivi que très peu de temps. Je pense que ce système n'a pas marché pour plusieurs raisons :

- les personnes de l'entreprise n'ont pas vu l'intérêt de ce système et n'ont donc pas compris pourquoi il était gagnant sur le long terme de consacrer un peu de temps à ces problèmes de qualité ;
- l'intérêt des bacs est de les placer à chaque poste pour que les ouvriers les voient et pensent à relever les problèmes de qualité, ce qui n'était pas le cas des étiquettes rouges ;
- la responsable de l'atelier notait les problèmes de qualité et non les ouvriers, ils n'étaient donc pas acteurs. Ceci peut être dû à une mauvaise explication de ma part, au fait que la responsable de l'atelier avait peur de perdre en importance ou éventuellement à un problème d'alphabétisation des ouvriers ;
- le fait que je n'ai pu présenter le projet à l'ensemble des opérateurs de l'atelier des bobines. En effet, les réunions d'atelier ne se font pas dans l'entreprise, ce que je ne savais pas, ainsi je n'ai pu présenter le projet qu'à la responsable de l'atelier et les ouvriers ne se sont donc pas du tout sentis impliqués.

Le système ne fonctionnant que très peu et n'ayant pas l'appui de mes supérieurs avec les ouvriers, j'ai donc décidé de me consacrer sur le point suivant. Il me semblait en effet important d'obtenir la confiance des ouvriers pour pouvoir travailler activement avec eux par la suite.

Méthode de résolution de problèmes

Pour appuyer la démarche des bacs rouges, j'ai aussi proposé un atelier de résolution de problèmes. Cette démarche me paraissait importante pour débiter et impliquer les ouvriers. De plus un élément m'avait semblé particulièrement important lors de mon observation : la préparation du papier isolant n'aurait pas dû être le goulot, de façon à ce que les bobineurs soient toujours en activité, ce qui n'était pas le cas. J'ai donc proposé une résolution de problèmes sur les pertes de temps lors de la préparation du matériel.

Avec la responsable de la préparation du matériel, de l'atelier de bobinage et de mon tuteur, nous avons donc travaillé sur ce problème avec la méthodologie de "l'A3 Résolution de Problèmes" afin de cerner au mieux les causes racines et les solutions à mettre en place.

La résolution de problème fut très intéressante et fructueuse: les deux ouvrières de l'atelier nous ont expliqué comment elles travaillaient, leurs problèmes et leurs pertes de temps. Nous nous sommes alors rendus compte que le standard électrique n'est pas adapté à la préparation

du matériel : il n'y a aucune information sur la préparation du matériel dans le standard. De plus comme les bobineurs ont certains matériels au fur et à mesure et non au moment de commencer la bobine les ouvriers en charge de la préparation sont en permanence interrompus dans leur tâche pour apporter les manquants aux premiers. Nous avons donc décidé que mon tuteur, responsable des standards électriques, travaillerait à leur adaptation à la préparation du matériel et je mettrais en place les 5S sur un poste pilote afin d'améliorer l'organisation de l'atelier et mettre en place par la suite une nouvelle gestion en cas de manquants. Il était enfin convenu que nous ferions un bilan des avancées de la résolution de problèmes une semaine plus tard.

Le pilote 5S a donc commencé sur un des postes les plus standardisés des bobines afin de pouvoir appliquer au mieux la méthode des 5S. En travaillant avec l'ouvrière à ce poste, nous avons donc d'abord trié tout ce qui lui était inutile, puis réorganisé les outils utiles en fonction de leur utilisation et de leur fréquence d'utilisation et nettoyé le poste. Enfin nous avons mis en place un management visuel et un rangement adapté au poste et à chaque outil. Ce travail a été très intéressant car l'ouvrière au poste s'est appliquée et a été volontaire. Depuis elle a gardé son poste organisé selon le rangement établi.

Or mon tuteur n'a pas eu le temps d'étudier l'adaptation du standard durant plusieurs semaines. J'ai donc tenté d'étudier le standard pour identifier comment il serait possible de l'adapter à la préparation de l'isolant. J'ai réfléchi et écrit un programme calculant les longueurs d'isolants à découper. Cependant ce travail nécessitait un travail en collaboration avec mon tuteur : en effet il réalise les standards des bobines et je n'avais pas les connaissances suffisantes pour améliorer seule les standards. Mon tuteur n'ayant pas non plus eu le temps pour ce travail, celui-ci n'a pu aboutir ce qui me paraît dommage car il aurait pu faciliter et augmenter la productivité du poste de préparation du matériel mais aussi peut être celle de mon tuteur en l'aidant à automatiser certaines tâches.

Nous avons donc décidé de continuer l'implémentation des 5S. Or aucun poste n'étant standardisé il semblait difficile d'ordonner et standardiser l'organisation de ces postes : les ouvriers n'auraient pas réussi à trier leurs outils et à les ordonner. Afin de standardiser les postes il paraissait donc intéressant de réorganiser l'atelier.

Réorganisation de l'atelier

Bilan de l'état actuel

Mon tuteur m'a donc assigné la mission de faire un plan de l'atelier. Le but était de présenter une nouvelle organisation de l'atelier afin de standardiser les postes et l'utilisation des bobineuses et de normaliser le flux de production.

Pour cela j'ai commencé par faire un plan de l'atelier de fabrication des bobines afin de visualiser chaque machine, son emplacement, l'espace qu'elle occupait et l'aménagement global de l'atelier. Il se trouve que l'atelier de fabrication des bobines est aujourd'hui très encombré : le nombre de bobineuses est important et beaucoup de matériels s'accumulent dans l'atelier. J'ai donc proposé de faire un tri afin de jeter ce qui est inutile ou au moins de les stocker autre part. Cependant malgré mon insistance à proposer un tri, comme le préconise la méthode des 5S, les gérants et mon tuteur n'ont jamais prêté attention à cette suggestion. Après avoir fait les plans j'ai donc décidé déterminer avec la responsable de l'atelier ce qui lui était inutile afin de pouvoir discerner les choses à relocaliser dans l'usine. Le plan est disponible en annexe 4.

En discutant avec la responsable de l'atelier j'ai aussi appris qu'au fond de l'atelier de bobine se trouvait l'atelier de menuiserie et que celui-ci aurait normalement dû être déplacé pour laisser plus de place à celui des bobines. Après discussion avec mon tuteur, il a confirmé et m'a donc suggéré de faire le plan de l'atelier de bobine en rajoutant l'espace de la menuiserie. Pour faire ce plan il me fallait définir exactement le rôle de chaque bobineuse dans le processus de production qui n'était pas défini avec précision.

Etude et caractérisation de l'utilisation de chaque bobineuse

L'observation n'avait pas été suffisante pour comprendre le rôle de chaque bobineuse. Il fallait donc le définir avec exactitude. Aucune information ou manuel n'existaient sur les bobineuses afin de connaître leurs capacités et leurs limites. Ainsi j'ai discuté avec la responsable de l'atelier pour connaître les capacités de chaque bobineuse et définir pour chacune d'entre elles quelle était leur utilisation actuelle. Les données de maintenance des bobineuses ont de plus confirmés les capacités de chacune. Ainsi pour chaque bobineuse, j'avais ainsi défini combien de fils ou de platines de conducteurs pouvaient être bobinés en même temps.

Le tableau était le suivant :

Bobineuse	Caractéristique	Capacités
B01	Pequeña	3 alambres o 1 pletina
B02	Pequeña	3 alambres o 1 pletina
B03	Pequeña	1 fleje
B04	Grande	3 alambres o 3 pletinas
B05	Alistamiento	/
B06	Grande	3 alambres, 3 flejes, 14 pletinas
B07	Azul	3 alambres o 3 pletinas
B08	Azul	3 alambres o 3 pletinas
B09	CNC	2 alambres, 2 pletinas
B10	CNC	1 alambre

Une fois les capacités de chaque bobineuse définies, il fallait définir le rôle de chaque bobineuse dans le processus de fabrication, c'est-à-dire définir quel type de bobine et de quelle puissance. Aucun document résumant les caractéristiques de chaque type de bobine n'existait. J'ai donc réalisé un tableau résumant et standardisant les dimensions, matériaux isolants et certaines caractéristiques des conducteurs concernant chaque partie des plans de la bobine. J'ai construit ce tableau à l'aide des plans existants et en notant les valeurs les plus couramment utilisées. Voici un extrait du tableau concernant les bobines des transformateurs secs haute tension :

Potencia nominal	Formaleta			Devanado de alta tensión					
	Ancho	Alto	Material	Ejecución	No de Capas	Dimensión Peines	Dimensión ranura	No ranuras	Posición al núcleo
45	104	458	Nomex 4*0,25	Capa Corrida	14	1/4*35*458	10	15	Después de BT
75	104	458	Nomex 4*0,25	Capa Corrida	14	1/4*40*458	10	15	Después de BT

On voit que ce tableau regroupe les différentes caractéristiques des bobines et on peut en déduire leur point commun.

Mon tuteur a ensuite vérifié les tableaux afin de compléter ou standardiser quels résultats. Ce travail m'a permis de comprendre ce qui était standard ou non et de mieux comprendre les plans électriques et leurs fonctionnements, ce qui a été très enrichissant pour comprendre mieux le fonctionnement de l'atelier des bobines. J'ai notamment pu me rendre compte que la

consommation du papier isolant et des conducteurs ne pouvait être standardisée car elle diffère d'un plan à l'autre. Cependant les largeurs et hauteurs des bobines sont bien standardisées.

Ce travail a aussi permis à mon tuteur de visualiser et faire ressortir ce qui était standardisé, ce qui l'aidera à poursuivre la normalisation de ses plans électriques.

Concernant la réorganisation de l'atelier, cette étude m'avait permis de constater que même si les conducteurs ne sont pas standardisés, il existe des ressemblances entre les différents types de bobines, ce qui a permis de définir quel type de bobineuse pourra fabriquer tel type de bobine.

En recoupant les informations sur les bobineuses et le type de bobine on peut établir quelle bobine fabriquer sur quelle bobineuse.

Estudio	AT	Bobinadora	BT	Bobinadora
SAT H Cu-Al 30-800kVA	1 Alambre	B01/B02	3 a 8 pletinas o 1 a 5 flejes	B06
SAT H Cu-Cu 30-800kVA	1 Alambre	B01/B02	+ de 3 pletinas o 1 fleje	B06
Aceite Cu-Al 30-800kVA	1 Alambre	B01/B02	+ de 2 flejes o 2 pletinas	B04 / B06 / B07 / B08
Aceite Cu-Cu 30-800kVA	1 Alambre	B01/B02	+ de 4 alambres/pletinas	B06
SBT Cu-Cu 1-15kVA	1 Alambre	B01/B02	1 o 2 alambres	B01/B02
SBT Cu-Cu 17-60kVA	1 a 3 Alambres / pletinas	B01/B02	1 a 3 alambres	B01/B02
SBT Cu-Cu 75-630kVA	1 a 6 alambres / pletinas	B04 / B06 / B07 / B08	3 a 8 alambres o pletinas	B06

Une fois correctement identifié le rôle de chaque bobineuse, il était possible de terminer le ou les flux de production.

Une première idée suggérée par mon tuteur était de dédier certaines bobineuses à la fabrication des bobines pour les transformateurs immergés en huile et d'autres pour les bobines des transformateurs secs. Or, en regardant ce tableau, je constatais que pour les bobinages basses tensions cette classification aurait été difficile du fait que la plus grosse bobineuse est particulièrement utile pour les deux types de transformateurs. Ainsi une distinction de cette manière aurait eu peu de sens.

Élaboration d'une proposition de plan

Au vu du tableau, une séparation paraissait plus évidente et serait moins porteuse d'exceptions: faire un espace pour le bobinage basse tension et un autre pour le bobinage haute tension. Une seule exception persisterait pour quelques transformateurs secs basses tensions de 75 à 630kVA.

La plus grande majorité des bobines ont un premier bobinage basse tension puis est fabriqué par-dessus le bobinage haute tension. L'idée serait donc de faire le flux de cette manière :



Le plan obtenu est annexe 5.

Ce plan permettait de normaliser et simplifier le flux de production et de classifier le rôle de chaque bobineuse. Ceci permettait aussi de regrouper toutes les activités de préparation du matériel.

Relocalisation de l'atelier de menuiserie

Le problème était donc de déplacer l'atelier de menuiserie : en effet l'espace dans lequel devait être déplacée la menuiserie aurait dû être inoccupé mais, en réalité, cet espace permettait de stocker les transformateurs en maintenance ou certains stocks de matières que l'entrepôt ne pouvait stocker. Je devais donc d'étudier ce qu'il y avait dans cet espace afin de trouver une solution à son rangement de façon à accueillir l'atelier de menuiserie. J'ai donc commencé par faire un plan de l'espace et prendre des photos de l'espace. Puis j'ai répertorié tous les transformateurs en réparation ou en maintenance afin de pouvoir comprendre pourquoi ces transformateurs étaient ici, leur origine, leur nombre... Or des transformateurs étaient là parfois depuis plus de 6 mois, beaucoup de matériels non utilisés ou de stock de l'entrepôt y était stockés et je ne pouvais pas organiser cela toute seule. En effet cet espace impliquait trop d'ateliers et je ne connaissais pas tous les tenants et aboutissants. Mon tuteur devait donc m'aider à trouver une solution pour les transformateurs en maintenance ou en réparation. Or mon tuteur n'avait pas de temps à m'accorder à cause de la certification ISO 9001. J'avais donc fait quelques propositions de plans pour ne pas perdre de temps et souhaitais proposer un tri important afin de supprimer toutes les choses inutiles qui étaient stockées.

Planification de la réorganisation

A la fin de la période de certification ISO 9001, le gérant m'a proposé d'organiser une journée pour réorganiser l'atelier de fabrication des bobines. Or n'ayant pas pu définir comment réorganiser ou déplacer le local devant accueillir la menuiserie, le gérant me dit qu'il s'en chargerait. J'avais donc une semaine pour proposer les plans que j'avais élaborés et organiser la réorganisation de l'atelier de fabrication des bobines.

J'ai donc retravaillé un peu les différentes propositions de plans afin de les proposer au mieux. Finalement après présentation des différents plans, c'est celui présenté précédemment qui a été choisi. Avec le responsable de la maintenance nous avons alors recensé tout ce qui était nécessaire pour le bon déroulement de la journée.

Or après un nouveau tour dans l'atelier, deux jours avant la réorganisation, rien n'avait été déplacé de l'espace qui devait accueillir la menuiserie. La réorganisation ne pouvait donc se faire sur une seule journée. De plus, les ouvriers n'avaient toujours pas été prévenus de la réorganisation notamment la responsable de l'atelier de fabrication des bobines à qui je n'avais pas encore montré les plans car ils venaient d'être validés par mon tuteur. Elle ne participerait pas non plus à la journée d'organisation de l'atelier car les ouvriers présents seraient là pour leur force. J'ai donc décidé d'aller voir mon tuteur et le gérant afin de leur dire qu'il ne me paraissait pas réaliste de faire la réorganisation : les plans de l'atelier de fabrication des bobines étaient prêts cependant rien n'était prêt pour la relocalisation de la menuiserie qui demandait beaucoup de travail. Or une mauvaise relocalisation de la menuiserie augmenterait le désordre au niveau de la maintenance des transformateurs, de l'entrepôt provoquant une désorganisation de l'atelier d'assemblage et de menuiserie et ainsi une baisse de la productivité contraire au but recherché.

Perspectives pour l'entreprise

Suite à ce raté, la réorganisation de l'atelier de bobinage n'a pas eu lieu. Ainsi on ne peut savoir si la réorganisation de l'atelier aurait eu un impact positif sur la productivité. Cependant mes remarques et propositions ont permis à l'entreprise de se rendre compte de certains dysfonctionnements. Le gérant a regardé les possibilités de changement de locaux afin d'avoir des locaux sur un seul niveau, plus spacieux et plus adapté. Pour que ces changements de locaux aient un impact positif et soient le plus profitable, il sera nécessaire de passer par une étape de tri, puis de faire un plan précis de l'implantation. Mon tuteur m'a proposé de faire ce plan mais à 3 semaines de la fin de mon stage, je n'avais pas suffisamment de temps pour étudier tout le processus et proposer un plan correct. Cependant il faudra que quelqu'un étudie le processus de production et les locaux afin de réaliser un plan le plus optimisé pour la production.

Il me semble néanmoins qu'il serait peut-être plus profitable de commencer par des changements plus progressifs, afin de consacrer petit à petit du temps à l'amélioration continue. Notamment un point important est de tendre vers une standardisation des méthodes et des temps de production. En ce sens je n'ai pas réussi à montrer à l'entreprise l'intérêt d'une méthode de résolution de problèmes et de traiter les problèmes petit à petit et en mesurant les progrès grâce à des indicateurs.

Conclusions

Sur la mission

L'objectif initial était de proposer des améliorations dans les activités des achats et de gestion des stocks. Suite à une analyse de la gestion actuelle, j'ai proposé de mettre en place un système de gestion des stocks permettant de limiter les ruptures d'approvisionnement grâce à un stock de sécurité et de minimiser les coûts d'achat. Ceci devrait permettre aux employés des achats de travailler plus sereinement mais aussi permettre à la production de ne plus subir de façon récurrente des ruptures de stock. Cette gestion des stocks devrait fonctionner pour une grande partie des matières premières principales. Pour les autres, dont la consommation n'est pas standardisée, le système de gestion des stocks devrait fonctionner mais cela est plus incertain.

Cependant la mission n'a pu être menée à son terme. En effet nous avons perdu beaucoup de temps pour obtenir le coût de commande. Ainsi le système de gestion des stocks n'a pas été mis en place et son efficacité n'a pu pas être éprouvée. De plus, le fichier de calculs est opérationnel et j'ai essayé de le faire le plus simple et accessible possible, mais, par manque de temps des employés des achats et de mon tuteur, ils n'ont pas pu réellement le prendre en main et le manipuler. Ceci pourrait limiter son utilisation par la suite.

Durant mon stage s'est rajoutée une deuxième mission concernant la production : je devais étudier et proposer des améliorations pour l'atelier de fabrication des bobines. Cette mission n'a pas été achevée. En effet les ateliers de résolution de problèmes n'ont pas abouti par manque de rigueur et de temps. J'ai par la suite essayé de résoudre les problèmes soulevés. Or mes connaissances et les problèmes dépendaient trop du travail de mon tuteur qui n'avait pas le temps nécessaire.

Il m'a ensuite été proposé de réorganiser l'atelier, ce qui n'a pas abouti non plus suite à un manque d'organisation pour débarrasser un atelier indépendant de ma responsabilité. La mission d'amélioration du processus de fabrication n'a donc pas été réalisée à cause de plusieurs facteurs. Dans l'entreprise le manque de rigueur peut être très important et causer beaucoup de retard dans les tâches. De plus étant dans une culture différente, je ne m'attendais pas à ce manque de rigueur et je n'ai pas su y réagir par manque d'expérience et de compétences pour réaliser certaines tâches. Enfin, j'essayais d'impliquer au maximum les ouvriers en échangeant,

en leur demandant des conseils, leurs problèmes et en proposant des solutions mais rien n'aboutissait. J'ai eu l'impression que cela me décrédibilisait et j'ai fini par manquer de motivation. Cette mission n'a donc pas concrètement aboutie mais elle a permis à l'entreprise de se rendre compte de certains problèmes comme les problèmes de normalisation ou d'organisation du flux de production.

Sur l'entreprise

L'ambiance y est très bonne et j'y ai été très bien accueillie. Cela m'a semblé très intéressant de travailler dans cette entreprise car tous les employés sont impliqués et travaillent à ce qu'elle perdure et grandisse. De plus les gérants visent toujours à améliorer les méthodes, la productivité, la qualité et plus globalement l'entreprise. C'est pourquoi je pense que c'est une entreprise qui a un réel potentiel et peut grandir.

Cependant je pense que les progrès de l'entreprise pourraient être beaucoup plus importants en améliorant l'organisation du temps et en étant plus rigoureux. Ces deux points me semblent très importants et liés. En effet les personnes n'ont pas vraiment d'emploi du temps de leur journée, tout est géré "à l'instant" : les réunions, les échanges et les formations sont souvent différés car elles ne sont pas l'importance du moment. Ceci occasionne des retards, de grandes pertes de temps et d'efficacité. Je ne me suis pas réellement adapté à cette gestion du temps : les retards étaient trop importants. De plus mes activités étant des activités d'amélioration, donc de support et pas de production directe de valeurs ajoutées, les employés n'y consacraient très peu de temps. De plus par manque de rigueur et de temps, ils travaillent très peu en équipe, le travail est bien souvent solitaire et il est ainsi long et dur de mettre de nouvelles choses en place lorsqu'entrent en jeu plusieurs postes.

Conclusion personnelle

Ce stage a été très intéressant car j'ai pu découvrir une nouvelle culture, un très joli pays et une autre façon de vivre. Les colombiens sont très accueillants, chaleureux et curieux ce qui facilite l'intégration. De plus ce stage m'a aussi permis de perfectionner mon espagnol, je le parle et le comprend aujourd'hui avec facilité. J'ai aussi amélioré mon anglais en le pratiquant avec certains des étrangers ici, notamment des colocataires indiens et suédois. D'un point de vue culturel mon stage a donc été très enrichissant et je pense qu'il m'aidera beaucoup par la suite pour comprendre et pour m'adapter plus rapidement aux différences culturelles.

Durant ce stage j'ai aussi beaucoup appris sur la gestion des stocks. J'ai appliqué les notions de cours et ai pu les approfondir sur un système réel et complexe. De plus en travaillant sur les achats, j'ai acquis des compétences solides sur Excel et sur le codage en VBA. Sur la fin de mon stage j'ai aussi travaillé sur un projet de base de données avec Access. Ces compétences me semblent importantes pour plus tard.

Il m'a cependant été difficile de m'adapter au rythme de travail. J'ai souvent eu l'impression de travailler sans réel but et le manque de rigueur m'a beaucoup agacée. Je reste assez déçue car mes propositions ont toujours été approuvées mais jamais été mise en place et les employés ont parfois montré peu voire très peu d'intérêt à mon travail. Il m'aurait aussi paru intéressant de participer à la préparation de l'audit de certification pour la norme ISO 9001, en effet ceci m'aurait permis de me sentir plus impliquée dans l'entreprise. Mais je n'ai jamais réussi à y participer.

Néanmoins je garderai un bon souvenir de ce stage qui m'aura beaucoup apporté pour comprendre les gens, leur culture et m'adapter à une nouvelle façon de vivre et je pense que ce que j'ai appris en entreprise me servira plus tard. Enfin les colombiens par leur gentillesse et leur accueil m'ont souvent fait oublier les petits désagréments.

Bibliographie

Baudot, J. (2015). *CONCEPTS ET TECHNIQUES ORGANISATIONNELLES*. Obtenido de
<http://www.jybaudot.fr/>

Nahmias, S. (2007). *Análisis de la producción y las operaciones*. Mexico: Mc Graw Hill.

Annexes

Annexe 1 : Méthodes de lissage exponentiel

Les méthodes de lissage exponentiel permettent de prolonger une série chronologique pour des prévisions à court terme. On utilise le lissage exponentiel simple (LES) lorsqu'il n'existe aucune tendance. Mais s'il y en a une, on utilise le lissage double (LED) et surtout le lissage de Holt, voire le lissage de Winters en cas de saisonnalité.

Le lissage exponentiel simple

Le lissage exponentiel simple consiste à donner plus d'importance aux dernières observations. Il est plus réactif que la méthode de la moyenne mobile et réagit rapidement à une modification de la tendance.

Soit $y^*_t(h) = y^*_t$ la prévision à la date t pour l'horizon h , c'est-à-dire pour la date $t+h$.

La formule est la suivante : $y^*_t = \alpha y_t + (1 - \alpha) \cdot y^*_{t-1}$

Le coefficient α est un coefficient compris entre 0 et 1. C'est la constante de lissage que l'on choisit de façon à minimiser l'erreur quadratique entre la réalité et la prévision.

Le lissage exponentiel de Holt

Pour le lissage de Holt, on utilisera deux constantes de lissage α et γ . La formule est la suivante : $y^*_t = a_t h + b_t$ où b_t correspond à l'ordonnée à l'origine (le niveau) et a_t est la pente.

On les définit ainsi : $a_t = \gamma(b_t - b_{t-1}) + (1 - \gamma)a_{t-1}$ et $b_t = \alpha y_t + (1 - \alpha)(b_{t-1} - a_{t-1})$

Puis de la même manière on trouve les coefficients α et γ , compris entre 0 et 1 de façon à minimiser l'erreur quadratique.

Le lissage de Winters sur schéma multiplicatif

Le lissage de Winters se base sur le lissage exponentiel de Winters auquel on rajoute un troisième coefficient saisonnier δ , lui aussi compris entre 0 et 1.

On a alors $y^*_t = s_t(a_t h + b_t)$ où $s_t = \delta \frac{y_t}{a_t} + (1 - \delta) * s_{t-p}$ avec p la périodicité des saisons.

Annexe 2 : Test de Shapiro

Le test de Shapiro-Wilk est un des tests pour vérifier la normalité d'une distribution. C'est le test le plus fiable pour des échantillons de moins de 50 individus.

Il consiste à trier les observations par ordre croissant. Ensuite on fait les calculs suivants :

- on calcule les différences extrêmes (c'est-à-dire le plus grand moins le plus petit, puis le deuxième plus grand moins le deuxième plus petit et ainsi de suite). Ensuite on multiplie chaque différence par un coefficient, lu dans la table des coefficients du test de Shapiro. On somme tous les résultats et on élève au carré. Le résultat sera le numérateur.
- On calcule la somme des carrés des écarts à la moyenne. Ce sera le dénominateur.

On fait ensuite le rapport, appelé W. Il doit être compris entre 0 et 1.

Enfin on compare W au W_{crit} lu dans la table des valeurs critiques du test de Shapiro. Si W est supérieur à W_{crit} alors la distribution peut être considérée comme une distribution normale.

Extrait de la table des coefficients du test de Shapiro, où n représente le nombre de données (dans le cas du rapport on avait généralement 23 ou 24 données pour deux ans).

	n	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
i													
1		0,5056	0,4968	0,4886	0,4808	0,4734	0,4643	0,4590	0,4542	0,4493	0,4450	0,4407	0,4366
2		0,3290	0,3273	0,3253	0,3232	0,3211	0,3185	0,3156	0,3126	0,3098	0,3069	0,3043	0,3018
3		0,2521	0,2540	0,2553	0,2561	0,2565	0,2578	0,2571	0,2563	0,2554	0,2543	0,2533	0,2522
4		0,1939	0,1988	0,2027	0,2059	0,2085	0,2119	0,2131	0,2139	0,2145	0,2148	0,2151	0,2152
5		0,1447	0,1524	0,1587	0,1641	0,1686	0,1736	0,1764	0,1787	0,1807	0,1822	0,1836	0,1848
6		0,1005	0,1109	0,1197	0,1271	0,1334	0,1399	0,1443	0,1480	0,1512	0,1539	0,1563	0,1584
7		0,0593	0,0725	0,0837	0,0932	0,1013	0,1092	0,1150	0,1201	0,1245	0,1283	0,1316	0,1346
8		0,0196	0,0359	0,0496	0,0612	0,0711	0,0804	0,0878	0,0941	0,0997	0,1046	0,1089	0,1128
9			0,0000	0,0163	0,0303	0,0422	0,0530	0,0618	0,0696	0,0764	0,0823	0,0876	0,0923
10					0,0000	0,0140	0,0263	0,0368	0,0459	0,0539	0,0610	0,0672	0,0728
11							0,0000	0,0122	0,0228	0,0321	0,0403	0,0476	0,0540
12									0,0000	0,0107	0,0200	0,0284	0,0358
13											0,0000	0,0094	0,0178
14													0,0000

Table des W_{crit} du test de Shapiro

	Riesgo 5%	Riesgo 1%
n	$W_{0,95}$	$W_{0,99}$
5	0,7 62	0,686
6	0,988	0,713
7	0,803	0,730
8	0,818	0,749
9	0,829	0,764
10	0,842	0,781
11	0,850	0,792
12	0,859	0,805
13	0,866	0,814
14	0,874	0,825
15	0,881	0,835
16	0,887	0,844
17	0,892	0,851
18	0,897	0,858
19	0,901	0,863
20	0,905	0,868
21	0,908	0,873
22	0,911	0,878
23	0,914	0,881
24	0,916	0,884
25	0,918	0,888
26	0,920	0,891
27	0,923	0,894

	Riesgo 5%	Riesgo 1%
28	0,924	0,896
29	0,926	0,898
30	0,927	0,900
31	0,929	0,902
32	0,930	0,904
33	0,931	0,906
34	0,933	0,908
35	0,934	0,910
36	0,935	0,912
37	0,936	0,914
38	0,938	0,916
39	0,939	0,917
40	0,940	0,919
41	0,941	0,920
42	0,942	0,922
43	0,943	0,923
44	0,944	0,924
45	0,945	0,926
46	0,945	0,927
47	0,946	0,928
48	0,947	0,929
49	0,947	0,929
50	0,947	0,930

Annexe 3 : Étapes de fabrication d'une bobine

- Planification du travail : la responsable de l'atelier reçoit les ordres de travail et les dessins électriques venant du département de l'ingénierie. Elle gère les priorités selon le Plan Directeur de Production établi par le coordinateur de production et donne son travail à chaque ouvrier.
- Préparation du matériel : un ouvrier est chargé de préparer le papier isolant pour fabriquer la bobine. Pour cela elle vérifie le stock de l'entrepôt, elle calcule les dimensions de découpe et coupe le papier isolant. Une autre ouvrier est chargée de la préparation des conducteurs, elle vérifie le stock et coupe aux dimensions si nécessaire.
- Préparation de la bobineuse : avant de commencer une bobine il faut préparer le tendeur qui supporte les conducteurs, ainsi que le centre de la bobine qu'il faut équiper d'un mandrin pour donner la forme à la bobine.
- Fabrication du centre de la bobine : l'ouvrier superpose plusieurs couches de papier isolant afin de fabriquer la première partie de la bobine.
- Fabrication de la bobine basse tension : généralement le premier bobinage est celui de la bobine basse tension, pour cela l'ouvrier superpose des couches de conducteurs et entre chaque couche il met une couche de papier isolant. Le nombre de couches nécessaire est indiqué par le dessin électrique.
- Fabrication de l'entrecouche entre la bobine basse et haute tension : l'ouvrier superpose de nouveau plusieurs couches de papier isolant afin d'isoler électriquement la bobine basse tension de la bobine haute tension.
- Changement de bobineuse : entre la bobine basse et haute tension, la bobine est changée de bobineuse afin de travailler sur une bobineuse plus adaptée aux conducteurs utilisés pour la seconde partie.
- Fabrication de la bobine haute tension : l'ouvrier superpose des couches de conducteurs et entre chaque couche il met une couche de papier isolant, de la même manière que pour la bobine basse tension. Le nombre de couches nécessaire est indiqué par le dessin électrique.
- Descente de la bobine au rez-de-chaussée
- Séchage de la bobine dans le cas de bobines pour des transformateurs immergés en huile

Annexe 5 : Proposition de plan de l'atelier

